



การออกแบบ RFID Tag เพื่อใช้งานกับวัสดุที่เป็นของเหลว ในย่านความถี่ UHF

โดย

นาย สุริยา ศรีทอง

รหัสนักศึกษา B5430949

นาย สุพรรณบัฏ ทิพย์รักษ์

รหัสนักศึกษา B5424271

นายเสกฐวุฒิ สาหารายเงิน

รหัสนักศึกษา B5552666

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 527499 โครงการวิศวกรรมโทรคมนาคม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2559

การออกแบบ RFID Tag เพื่อใช้งานกับวัสดุที่เป็นของเหลว ในย่านความถี่ UHF

คณะกรรมการสอบโครงการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์. ดร.ปิยาภรณ์ กระจอนนอก)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ร.อ.ดร.ประ โยชน์ คำสวัสดิ์)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร วิภาวี หัตถกรรม)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับรายงานโครงการฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม วิชา 527499 โครงการวิศวกรรม
โทรคมนาคม ประจำปีการศึกษา 2559

โครงการ การออกแบบ RFID TAG เพื่อใช้งานกับวัสดุที่เป็นของเหลวทำงานในย่านความถี่UHF**โดย**

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| 1. นายสุริยา ศรีทอง | รหัสนักศึกษา B5430949 |
| 2. นายสุพรรณบัฏ ทิพย์รักษ์ | รหัสนักศึกษา B5425471 |
| 3. นายเสกฐวุฒิ สาหร่ายเงิน | รหัสนักศึกษา B5542666 |

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. ปิยาภรณ์ มีสวัสดิ์

สาขาวิชา

วิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาคการศึกษา

1/2559

บทคัดย่อ

ปัจจุบันสายอากาศได้มีการพัฒนา และนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ มากมาย เพื่อความสะดวกในการใช้งาน โครงการนี้นำเสนอการออกแบบแท็กด้วยแผ่น FR4 ในย่านความถี่ UHF ขั้นตอนการออกแบบจะใช้โปรแกรม CST Microwave Studio ในการจำลองผลและศึกษาการแผ่รังสีอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ และอิมพีแดนซ์ของไมโครชิป (IC Chip) เพื่อทำให้พลังงานที่ถูกส่งออกจากไมโครชิปไปสายอากาศมีค่าสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ปิยาภรณ์ มีสวัสดิ์ ผู้ที่เป็นเจ้าของแนวคิดเริ่มแรกของการออกแบบสายอากาศสำหรับ แท็ก (Tag) ที่ความถี่ 921-925 เมกะเฮิรตซ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับแนวคิด การดูแลเอาใจใส่ ติดตามงาน ชี้แนะข้อบกพร่อง ตลอดจนช่วยฝึกฝนและให้การสนับสนุนคณะผู้จัดทำให้มีความสามารถในการทำโครงการ ตลอดจนเสนอผลงานให้เป็นที่รู้จักและยอมรับได้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ แก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด รวมทั้งพี่บัณฑิตศึกษาปริญญาโทและปริญญาเอกวิศวกรรมโทรคมนาคม และเพื่อนนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกคนที่เป็นกำลังใจให้ตลอดมา

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมาไว้ ณ ที่นี้ สำหรับส่วนดีของโครงการชิ้นนี้ ขออุทิศแก่อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำ



นายสุริยา ศรีทอง

นายสุพรรณบัฏ ทิพย์รักษ์

นายเสกฐวุฒิ สาหร่ายเงิน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	ฅ
สารบัญตาราง	ฉ

บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตงาน	3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 กล่าวนำ	5
2.2 ระบบ RFID ย่านความถี่ UHF	6
2.2.1 โครงสร้างของระบบ RFID	6
2.2.2 ความถี่	9
2.2.3 สายอากาศ	11
2.3 ผลกระทบของวัตถุที่เป็นของเหลวต่อระบบ RFID	12
2.4 การแพร่กระจายคลื่น (Wave Propagation)	13
2.4.1 การส่งผ่านอากาศว่าง (Freespace Transmission)	13
2.4.2 การดูดซับ (Absorption)	14
2.4.3 การสะท้อน (Reflection)	15

สารบัญ

หน้า

2.5 พารามิเตอร์พื้นฐานของสายอากาศ (Fundamental Antenna Parameters)	15
2.5.1 แบบรูปการแผ่พลังงาน (Radiation Pattern)	15
2.5.2 บริเวณสนาม (Field Regions)	16
2.5.3 ความต้านทานขาเข้า (Input impedance)	18
2.5.4 ความต้านทานการแผ่คลื่น (Radiation Resistance)	19
2.5.5 อัตราขยายและสภาพเจาะจงทิศทาง (Gain and Directivity)	19
2.5.6 ประสิทธิภาพ (Efficiency)	21
2.5.7 แบนด์วิธ (Bandwidth) และค่า Q	21
2.6 วงจรไฟฟ้าสมมูล	22
2.7 การแมตช์	22
2.8 สัมประสิทธิ์การสะท้อน	25
2.9 สรุป	26
บทที่ 3 การออกแบบและการจำลองแบบ	27
3.1 กล่าวนำ	27
3.2 ข้อกำหนดเบื้องต้นในการออกแบบ	27
3.2.1 เครื่องอ่าน (Reader)	27
3.2.2 ไอซีชิป (IC Chip)	27
3.2.3 ความถี่ (Frequency)	28
3.2.4 ขนาดของแท่งที่ต้องการ	28
3.2.5 การแมตช์ (Matching)	28
3.2.6 สัมประสิทธิ์การสะท้อน (Reflection coefficient)	29
3.3 การออกแบบสายอากาศ	30
3.4 ผลการจำลองแท่ง	42
3.5 สรุป	44

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 4 การสร้างชิ้นงานและผลการทดลอง	45
4.1 กล่าวนำ	45
4.2 การสร้างชิ้นงาน	45
4.3 การวัดผล	49
4.4 สรุป	55
บทที่ 5 บทสรุปของโครงการ	56
5.1 กล่าวสรุป	56
5.2 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหา	57
5.3 ข้อเสนอแนะ	58
5.4 แนวทางการพัฒนาต่อไป	58
ภาคผนวก	59
เอกสารอ้างอิง	63
ประวัติผู้เขียน	64

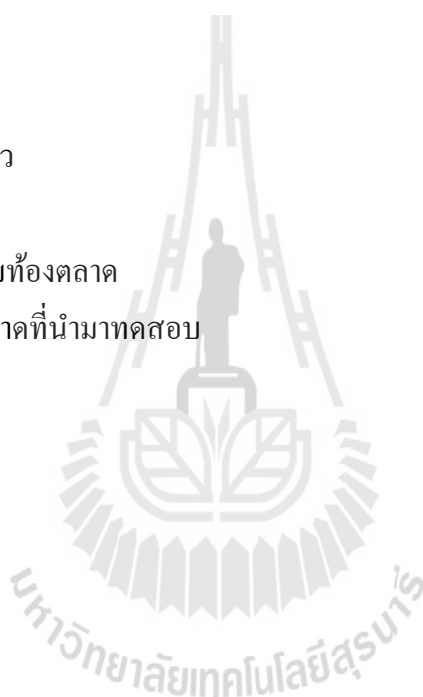


สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แท็ก (Tag)	3
รูปที่ 2.1 การทำงานของระบบ RFID	5
รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของเครื่องอ่าน (Reader)	6
รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในของแท็ก	12
รูปที่ 2.4 แท็กแบบ Inductive Coupling	12
รูปที่ 2.5 แท็กแบบ Microwave Coupling	12
รูปที่ 2.6 คลื่นเสริมและคลื่นหักล้าง	15
รูปที่ 2.7 แบบรูปการแผ่กำลังงาน	16
รูปที่ 2.8 สนามบริเวณรอบสายอากาศ	17
รูปที่ 2.9 Definition of effective isotropic radiated power	20
รูปที่ 2.10 วงจรสมมูลแบบอนุกรม	22
รูปที่ 2.11 วงจรสมมูลไฟฟ้าของการส่งผ่าน	24
รูปที่ 3.1 วงจรสมมูลที่เพิ่มไอซีชิป	27
รูปที่ 3.2 โปรแกรม Cst Studio Suite 2011	31
รูปที่ 3.3 โครงสร้างสายอากาศแท็กรูปตัวที	30
รูปที่ 3.4 แสดงหาค่าความยาว ของพารามิเตอร์	31
รูปที่ 3.5 ผลการจำลองของสายอากาศขณะ ไม่เพิ่มเส้นพาราซิติค	32
รูปที่ 3.6 สายอากาศเมื่อเพิ่มเส้นพาราซิติคเข้าไป	33
รูปที่ 3.7 คุณสมบัติของสายอากาศเมื่อเพิ่มเส้นพาราซิติค	35
รูปที่ 3.8 แสดงผลการจำลองเมื่อ t_3 มีค่า 0.4-0.5 cm	35
รูปที่ 3.9 แสดงผลการจำลองเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ P	36
รูปที่ 3.10 ผลการจำลองเมื่อ $t_3 = 0.433$ cm และ $P = 7.825$ เมื่อใส่ Port 50 โอห์ม	36
รูปที่ 3.11 แสดงค่า Return Loss โดยใส่ Port R = 21.3 โอห์ม $C = 9e-13$	37

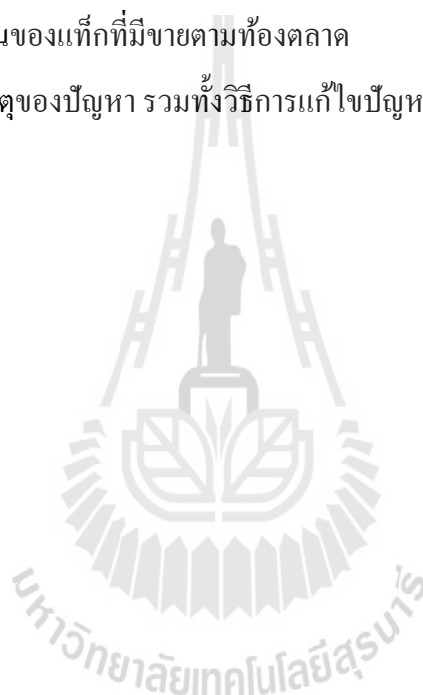
สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 4.1 สายอากาศไมโครสตริป	43
รูปที่ 4.2 ภาพแสดงการรีดลายนบนแผ่นปริน	44
รูปที่ 4.3 การแสดงการกัดลายของแผ่นปริน	44
รูปที่ 4.4 ภาพแสดงการเจาะรูเพื่อเชื่อมกราวด์	45
รูปที่ 4.5 ดัชนีแบบสายอากาศไมโครสตริปที่ติด IC Chip	46
รูปที่ 4.6 การวัดระยะการอ่าน	47
รูปที่ 4.7 ห้องควบคุม	48
รูปที่ 4.8 Reader และ Notebook	48
รูปที่ 4.9 โปรแกรมอ่านค่า แท็ก	49
รูปที่ 4.10 Tag ที่ติดอยู่กับของเหลว	49
รูปที่ 4.11 ทำการวัดระยะการอ่าน	50
รูปที่ 4.12 ตัวอย่าง แท็ก ที่มีขายตามท้องตลาด	52
รูปที่ 4.12 แท็ก ที่มีขายตามท้องตลาดที่นำมาทดสอบ	53



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะและการใช้งานในย่านความถี่ต่างๆ	10
ตารางที่ 2.2 มาตรฐานย่านความถี่ UHF ของแต่ละประเทศ	11
ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของ สายอากาศ	39
ตารางที่ 4.1 ค่าการวัดระยะการอ่านของTag เป่าๆ	51
ตารางที่ 4.2 ค่าการวัดระยะการอ่านของ Tag ที่ติดอยู่กับน้ำ	51
ตารางที่ 4.3 ค่าการวัดระยะการอ่านของ Tag ที่ติดอยู่กับของเหลว	51
ตารางที่ 4.4 ค่าการวัดระยะการอ่านของแท็กที่มีขายตามท้องตลาด	53
ตารางที่ 5.1 ปัญหาที่พบ และสาเหตุของปัญหา รวมทั้งวิธีการแก้ไขปัญหา	55



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

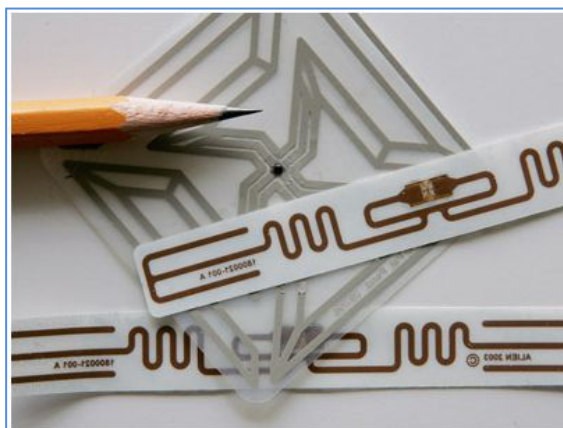
ปัจจุบันเทคโนโลยีและสื่อสารสนเทศมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ทำให้หลายองค์กรพยายามที่จะนำเอาระบบสื่อสารที่สะดวกและรวดเร็วเหล่านี้มาประยุกต์ใช้กับองค์กรของตัวเอง เพื่อให้เกิดการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เทคโนโลยี Radio Frequency Identification (RFID) ก็เช่นกัน ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่กำลังเข้ามามีบทบาทในการช่วยการจัดการเพื่อให้เกิดระบบและการบริหารงานที่เป็นสัดส่วน ซึ่งนับได้ว่าเป็นเครื่องมือที่หลายๆองค์กรล้วนแต่มีความต้องการเพื่อนำมาใช้งานภายในองค์กรของตน

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี RFID มีรูปแบบที่หลากหลาย ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ที่แตกต่างกัน แต่ยังคงขึ้นอยู่กับหลักการและพื้นฐานเดียวกัน นั่นคือ การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อระบุเอกลักษณ์และตัวตนของวัตถุแทนการระบุด้วยวิธีการอื่น ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยให้การดำเนินธุรกิจมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันหลายองค์กรได้นำเอาเทคโนโลยีนี้มาพัฒนาพร้อมกับการใช้งานภายในองค์กรในรูปแบบต่างๆ เช่น บัตรสำหรับผ่านเข้าออกห้องพัก (Key card) บัตรจอดรถ หรือแม้แต่ในฉลากสินค้าตามห้างสรรพสินค้า เป็นต้น เทคโนโลยี RFID มีข้อได้เปรียบเหนือกว่าระบบบาร์โค้ดดังนี้

- มีความละเอียดและสามารถบรรจุข้อมูลได้มากกว่า ซึ่งทำให้สามารถแยกความแตกต่างของสินค้าแต่ละชิ้น แม้จะเป็น SKU (Stock Keeping Unit - ชนิดสินค้า) เดียวกันก็ตาม
- ความเร็วในการอ่านข้อมูลจากแถบ RFID เร็วกว่าการอ่านข้อมูลจากแถบบาร์โค้ดหลายสิบเท่า
- สามารถอ่านข้อมูลได้พร้อมกันหลาย ๆ แถบ RFID
- สามารถส่งข้อมูลไปยังเครื่องรับได้โดยไม่ต้องนำไปเจอในมุมที่เหมาะสมอย่างการใช้เครื่องอ่านบาร์โค้ด (Non-Line of Singht)
- ค่าเฉลี่ยของความถูกต้องของการอ่านข้อมูลด้วยเทคโนโลยี RFID นั้นจะอยู่ที่ประมาณ 99.5 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ความถูกต้องของการอ่านข้อมูลด้วยระบบบาร์โค้ดอยู่ที่ 80 เปอร์เซ็นต์
- สามารถ เขียนทับข้อมูลได้ จึงทำให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งจะลดต้นทุนของการผลิตป้ายสินค้า ซึ่งคิดเป็นประมาณ 5% ของรายรับของบริษัท

- สามารถจัดปัญหาที่เกิดขึ้นจากการอ่านข้อมูลซ้ำที่อาจเกิดขึ้นจากระบบบาร์โค้ด
- ความเสียหายของป้ายชื่อ (Tag) น้อยกว่าเนื่องจากไม่จำเป็นต้องติดไว้ภายนอกบรรจุภัณฑ์
- ระบบความปลอดภัยสูงกว่า ยากต่อการปลอมแปลงและลอกเลียนแบบ
- ทนทานต่อความเปียกชื้น แรงสั่นสะเทือน การกระทบกระเทือน

ถึงแม้เทคโนโลยีชนิดนี้จะก่อให้เกิดความสะดวกสบาย และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้มากเพียงใดแต่เมื่อนำ RFID Tag ไปใช้งานกับวัตถุที่เป็นของเหลว(Liquid) พบว่าของเหลวเป็นอุปสรรคต่อการทำงานของระบบ RFID เนื่องจาก RFID มีหลักการทำงานโดยใช้หลักการการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปยังตัว Tag เพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับ Chip ที่อยู่บน Tag และสะท้อนเอาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากลับมาผ่านทางสายอากาศบน Tag โดย Chip ก็จะทำการ Modulate Signal ที่สะท้อนกลับมาเพื่อให้สามารถระบุถึง ID ของตนเองกลับไปยัง RFID Reader แต่ของเหลวจะเป็นตัวซึมซับ(Absorp)คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้ระบบ RFID ไม่สามารถระบุเอกลักษณ์ของวัตถุได้ ดังนั้นโครงการนี้จึงได้ศึกษา ออกแบบ และสร้าง RFID Tag สำหรับเป็นป้ายอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดขนาด 2 x 9 เซนติเมตร เพื่อนำไปประยุกต์ในการใช้งานกับวัตถุที่เป็นของเหลว โดยออกแบบให้ตัว Tag มีคุณสมบัติเจาะจงทิศทาง(Directivity) และมีอัตราขยาย(Gain)ที่สูงเพื่อให้ตัว Tag สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพถึงแม้จะทำงานอยู่กับวัตถุที่เป็นของเหลว ด้วยเหตุผลนี้จึงได้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องสายอากาศไดโพล การลดรูปสายอากาศ และการแมตช์สายอากาศให้ทำงานร่วมกับ IC Chip ได้



รูปที่ 1.1 แท็ก (Tag)

1.2 วัตถุประสงค์

โครงการนี้นำเสนอป้ายอิเล็กทรอนิกส์ที่จะทำหน้าที่จดจำข้อมูลต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์ของโครงการ ดังนี้

1. ศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี RFID เพื่อที่จะสามารถนำเอาความรู้ความเข้าใจนี้ไปประยุกต์ใช้งานต่อไปในอนาคตได้
2. สามารถออกแบบสายอากาศไดโพลและแมตซ์สายอากาศให้ทำงานร่วมกับไมโครชิปได้
3. Tag ที่ออกแบบสามารถใช้งานร่วมกับวัตถุที่เป็นของเหลวได้
4. RFID Tag สามารถนำไปใช้จริงได้ในย่านความถี่ 921-925 เมกะเฮิร์ตซ์

1.3 ขอบเขตงาน

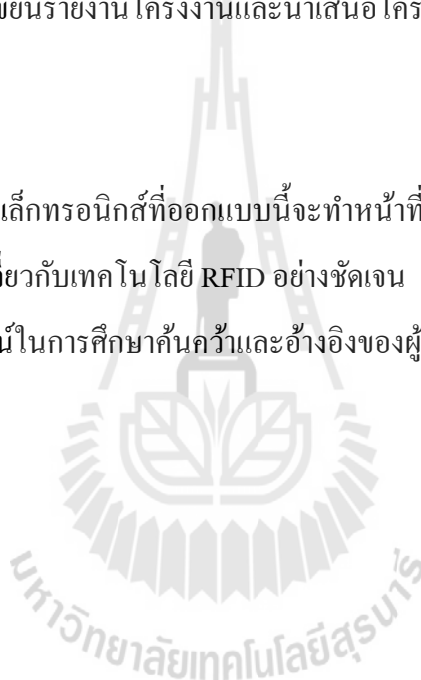
1. ออกแบบสายอากาศที่ย่านความถี่ 921-925 เมกะเฮิร์ตซ์
2. ออกแบบสายอากาศโดยใช้โปรแกรม CST microwave studio
3. ใช้แผ่น FR-4 ในการสร้างสายอากาศ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ปรีกษาอาจารย์ที่ปรีกษาโครงการเกี่ยวกับขอบเขตของโครงการที่จะทำ
2. ศึกษาข้อมูลและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการ
3. ศึกษาทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับเทคโนโลยี RFID
4. ศึกษาการใช้งาน โปรแกรม CST microwave studio
5. ออกแบบ RFID Tag Antenna
6. สร้างชิ้นงานต้นแบบ
7. ทดสอบอุปกรณ์ และปรับปรุงแก้ไข
8. สรุปผลการทดลอง เขียนรายงานโครงการและนำเสนอโครงการ

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. RFID Tag หรือป้ายอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบนี้จะทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารกับเครื่องอ่านได้
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี RFID อย่างชัดเจน
3. เพื่อที่จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าและอ้างอิงของผู้ที่สนใจ

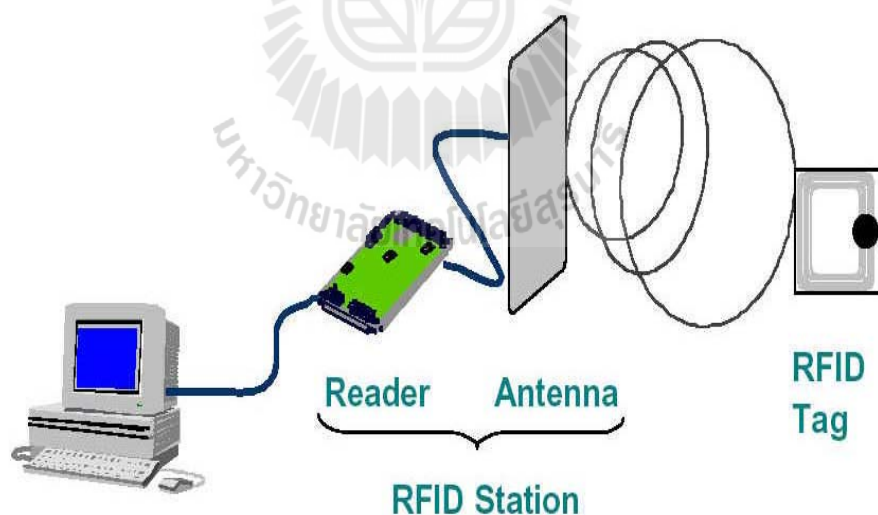


บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ระบบ RFID มีหลักการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.1 ประกอบด้วย ส่วนของเครื่องอ่าน (Reader) และส่วนของแท็ก (Tag) โดยเครื่องอ่าน หรือ Reader จะมีการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปยังตัว Tag เพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับ Chip ที่อยู่บน Tag แล้วสะท้อนเอาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากลับมาผ่านทางสายอากาศบน Tag โดย Chip ก็จะทำการ Modulate Signal ที่สะท้อนกลับมาเพื่อให้สามารถระบุถึง ID ของตนเองกลับไปให้ RFID Reader ได้ โดยโครงงานนี้จะออกแบบสายอากาศสำหรับแท็กย่านความถี่ UHF เท่านั้น ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 2.1 แสดงหลักการทำงานของระบบ RFID

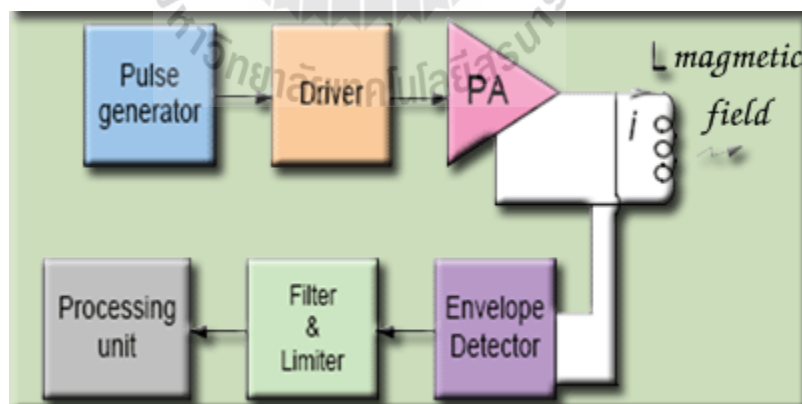
2.2 ระบบ RFID ย่านความถี่ UHF

2.2.1 โครงสร้างของระบบ RFID

เครื่องอ่าน (Reader)

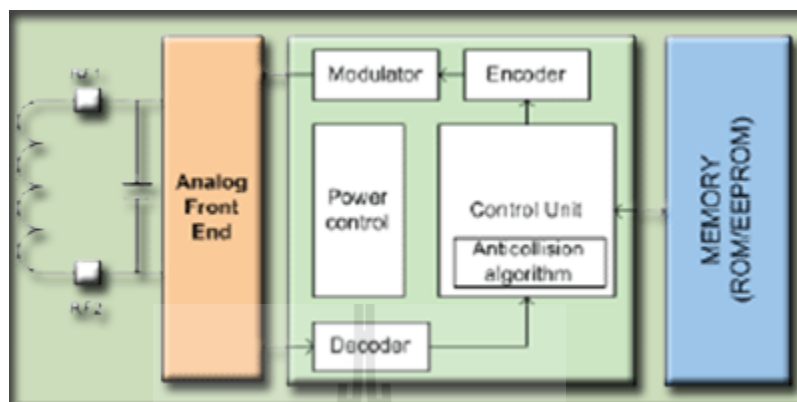
หน้าที่หลักของเครื่องอ่านคือ การเชื่อมต่อกับแท็กเพื่อทำการอ่าน หรือ เขียนข้อมูลลงในแท็ก ด้วยสัญญาณความถี่วิทยุ แล้วทำการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล ถอดรหัสสัญญาณข้อมูลที่ได้รับ โดยภายในเครื่องอ่านจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักดังนี้

1. ภาครับและส่งสัญญาณวิทยุ (Transceiver)
2. ภาควางสัญญาณพาหะ (Carrier)
3. ขดลวดที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศ (Antenna)
4. วงจรจูนสัญญาณ (Tuner)
5. หน่วยประมวลผลข้อมูล (Processing Unit)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของเครื่องอ่าน (Reader)

แท็ก (Tag)



รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในของ Tag

โครงสร้างภายในแท็ก (Tag) จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ

1. **ไอซีชิป (IC-Chip)** ทำหน้าที่ เก็บข้อมูลของวัตถุในหน่วยความจำ ซึ่งในหน่วยความจำนี้อาจเป็นแบบอ่านได้อย่างเดียว (ROM) หรือ ทั้งอ่านและเขียน (RAM) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการนำไปใช้งาน โดยปกติหน่วยความจำแบบ ROM จะเก็บข้อมูลด้วยความปลอดภัย เช่น สิทธิในการเข้าออกประตู ส่วน RAM ใช้เก็บข้อมูลชั่วคราวในระหว่างที่แท็กและเครื่องอ่านทำการติดต่อสื่อสารกัน

นอกจาก ROM และ RAM แล้ว ยังมีหน่วยความจำแบบ EEPROM เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลการสื่อสารระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน และข้อมูลยังคงอยู่ถึงแม้จะไม่มีพลังงานไฟฟ้าป้อนให้แก่แท็ก

2. **สายอากาศ (Antenna)** สายอากาศ คือ ขดลวดขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เป็นเสาอากาศ สำหรับรับ-ส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ และสร้างพลังงานป้อนให้กับไอซีชิป

สายอากาศจะแผ่สัญญาณวิทยุจำนวนหนึ่งออกมาเพื่อกระตุ้นให้แท็กอ่านหรือเขียนข้อมูลลงไป สายอากาศสามารถมีได้หลากหลายขนาดและรูปร่าง เพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุที่จะนำแท็กไปติดตั้ง และเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการรับ-ส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ สายอากาศจะถูกติดไปโดยตรงกับ Transceiver ให้เป็นอุปกรณ์ติดกัน

ประเภทของแท็ก (Tag)

โดยทั่วไปแท็กอาจจะอยู่ในรูปแบบที่เป็นกระดาษ แผ่นฟิล์ม พลาสติก ที่มีขนาดและรูปร่างต่างๆ กันไป แต่ไม่ว่าแท็กจะอยู่ในรูปแบบใดก็ตาม เราสามารถแบ่งประเภทของแท็กได้ 2 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ แบบพาสซีฟ (Passive Tag) และ แบบแอ็กทีฟ (Active Tag) โดยแต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามรูปแบบการนำไปใช้งาน โครงสร้างภายใน และ หลักการทำงาน ดังนี้

1. Passive Tag ไม่มีแหล่งพลังงาน หรือแบตเตอรี่ภายในแท็ก (Tag) เพราะการทำงานอาศัยพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากเครื่องอ่าน (Reader) (มีวงจรกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กอยู่ในตัว) หรือ ที่เรียกว่าอุปกรณ์ Transceiver

ข้อดี และ ข้อเสียของ Passive Tag

ข้อดี 1. น้ำหนักเบา

2. แท็กมีขนาดเล็ก

3. ราคาถูก

4. อายุการใช้งานไม่จำกัด

ข้อเสีย 1. ระยะการรับส่งข้อมูลสั้น (ระยะไกลสุดเพียง 1.5 เมตร)

2. หน่วยความจำมีขนาดเล็ก (ประมาณ 32 ถึง 128 บิต)

3. เครื่องอ่าน (Reader) ต้องมีกำลังส่งที่สูง

4. อาจเกิดผิดพลาดหากทำงานในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวน

โครงสร้างภายในแท็กแบบ Passive Tag ประกอบด้วย

1) ส่วนการควบคุมการทำงานของภาครับส่งสัญญาณวิทยุ (Analog Front-End)

2) ส่วนควบคุมภาคลอจิก (Digital Control Unit)

3) ส่วนของหน่วยความจำ (Memory) อาจจะเป็นแบบ ROM หรือ EEPROM

2. Active Tag จะมีแบตเตอรี่อยู่ภายในซึ่งใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟขนาดเล็ก เพื่อป้อนพลังงานไฟฟ้าให้แก่itagทำงาน การที่ต้องใช้แบตเตอรี่จึงทำให้itagมีอายุการใช้งานจำกัดตามอายุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่หมดจะไม่สามารถนำitagมาใช้งานได้อีกแต่สามารถออกแบบวงจรของitagให้ใช้กระแสไฟน้อยๆ ในการทำงาน ก็อาจจะมียุการใช้งานนานนับสิบปี

ข้อดี และ ข้อเสียของ Active Tag

- ข้อดี**
1. มีหน่วยความจำขนาดใหญ่ (ประมาณ 1 เมกะไบต์)
 2. ระยะการรับส่งข้อมูลไกล (ระยะไกลสุด 6 เมตร)
 3. ทำงานในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนได้ดี

- ข้อเสีย**
1. ราคาสูง
 2. itag มีขนาดใหญ่

ในปัจจุบันนิยมใช้itagแบบ Passive Tag มากกว่า แบบ Active Tag เนื่องจาก Passive Tag ได้เปรียบในเรื่องของ ราคา และอายุการใช้งาน นอกจากการแบ่งitagตามชนิดของitagแล้ว ยังสามารถแบ่งitagได้ตามประเภทรูปแบบในการใช้งานได้ 3 แบบ คือ

1. แบบที่สามารถถูกอ่านและเขียนข้อมูลได้อย่างอิสระ (Read-write)
2. แบบเขียนได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้นแต่อ่านได้อย่างอิสระ (Write-One, Read-Many : WORM)
3. แบบอ่านได้เพียงอย่างเดียว (Read-Only)

2.2.2 ความถี่

ปัจจุบันย่านความถี่สำหรับการใช้งาน RFID ทั่วโลกจะอยู่ในย่านความถี่ ISM Band (Industrial-Scientific-Medical) ซึ่งเป็นย่านความถี่หลายประเทศกำหนดไว้สอดคล้องกันในการอนุญาตให้ใช้งานในเชิงอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์ และการแพทย์ มี 4 ย่านความถี่ และสำหรับย่านความถี่ใน ISM Band ที่กำหนดให้ใช้สำหรับ RFID ทั้ง 4 ย่านความถี่มีดังนี้

- ย่านความถี่ต่ำ (Low Frequency : LF) ต่ำกว่า 150 kHz
- ย่านความถี่สูง (High Frequency : HF) 13.56/27.125 MHz

- ย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra High Frequency : UHF) 433/868/915 MHz
- ย่านความถี่ไมโครเวฟ (Microwave frequency) 2.45/5.8 GHz

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติและการใช้งานในย่านความถี่ต่างๆ

ย่านความถี่	คุณลักษณะ	การใช้งาน
ย่านความถี่ต่ำ 100-500 kHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งาน ทั่วไปคือ 125 kHz	-ระยะการรับส่งข้อมูลใกล้ -ต้นทุนไม่สูง -ความเร็วในการอ่านข้อมูลต่ำ -ความถี่ในย่านนี้เป็นที่แพร่หลายทั่วโลก	-Access Control -ปลุสตัดว์ -ระบบคงคลัง -รถยนต์
ย่านความถี่สูง 10-15 MHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งาน ทั่วไปคือ 13.56 MHz	-ระยะการรับส่งข้อมูลปานกลาง -ราคามีแนวโน้มถูกลงในอนาคต -ความเร็วในการอ่านข้อมูลปานกลาง -ความถี่ในย่านนี้เป็นที่แพร่หลายทั่วโลก	-Access Control -สมาร์ทการ์ด
ย่านความถี่สูงยิ่ง 850-950 MHz:แสดงดังตารางที่ 2.1 และย่านความถี่ไมโครเวฟ 2.4-5.8 GHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งาน ทั่วไปคือ 2.45 GHz	-ระยะการรับส่งข้อมูลไกล (10 เมตร) -ความเร็วในการอ่านข้อมูลสูง -ราคาแพง	-รถไฟ -ระบบเก็บค่าผ่านทาง

สำหรับคลื่นย่าน UHF นั้นปัจจุบันมีข้อกำหนดในหลายๆประเทศให้มีการใช้กันสำหรับ
มาตรฐาน EPCglobal Gen 2 standard

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานย่านความถี่ UHF ของแต่ละประเทศ

ประเทศ	ความถี่
US and Canada	902 ~ 928 MHz
Mexico	915 MHz
South America	915 MHz
Europe	865 ~ 868 MHz
Northern Africa	862 ~ 870 MHz
South Africa	915 MHz
Middle East	862 ~ 870 MHz
China	917 ~ 922 MHz
Japan	952 ~ 954 MHz
Pacific Rim	ขึ้นกับแต่ละประเทศ – 866 ~ 925 MHz
Australia	915MHz
New Zealand	862 ~ 928 MHz
Thailand	921-925 MHz

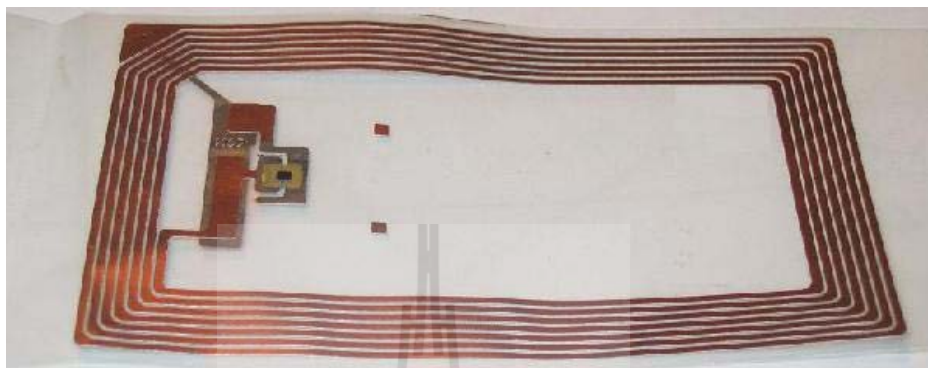
ทั้งนี้ในแต่ละ region ก็จะมีรายละเอียดการใช้ความถี่ในย่าน UHF นี้แตกต่างกันไปและแต่ละประเทศก็มีข้อกำหนดเรื่อง ERP กับ EIRP อีกด้วย

2.2.3 สายอากาศ

การออกแบบสายอากาศสำหรับ RFID แบ่งได้ 2 แบบ คือ Inductive Coupling และ Microwave Coupling

Inductive Coupling (125 kHz –15 MHz)

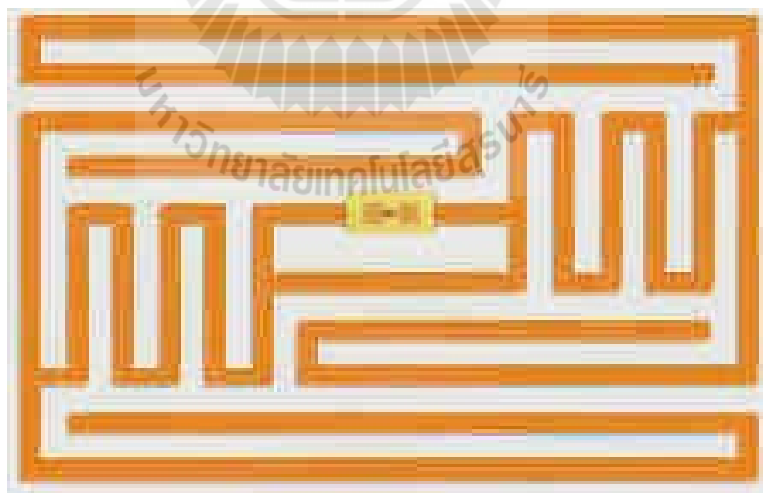
- สายอากาศมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับ λ
- Coupling เฉพาะสนามแม่เหล็ก
- เป็นแท็กชนิดขดลวดระนาบ



รูปที่ 2.4 Tag แบบ Inductive Coupling

Microwave Coupling (868 MHz –5.8 GHz)

- เป็นสายอากาศไดโพล แบบปกติ
- ระบบ แมตชิงทำให้อาณาของสายอากาศเล็ก



รูปที่ 2.5 Tag แบบ Microwave Coupling

2.3 ผลกระทบของวัตถุที่เป็นของเหลวต่อระบบ RFID

โดยปกติแล้วเมื่อนำ RFID Tag ไปใช้งานกับวัตถุที่เป็นของเหลว(Liquid) พบว่าของเหลวส่งผลให้ RFID Tag มีประสิทธิภาพในการทำงานลดลง เนื่องจาก ระบบ RFID ใช้หลักการการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปยังตัว Tag เพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับ Chip ที่อยู่บน Tag และสะท้อนเอาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากลับมาผ่านทางสายอากาศบน Tag โดย Chip ก็จะทำการ Modulation Signal ที่สะท้อนกลับมาเพื่อให้สามารถระบุถึง ID ของตนเองกลับไปให้ Reader แต่ของเหลวมีคุณสมบัติซึมซับ (Absorp) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้การติดต่อสื่อสารกันระหว่าง Tag กับ Reader มีประสิทธิภาพลดน้อยลง

ดังนั้นโครงการนี้จึงได้ทำการศึกษา ออกแบบ และสร้าง RFID Tag ที่สามารถลดผลกระทบที่มีต่อของเหลวได้ โดยออกแบบให้ Tag มีอัตราขยายที่สูง และมีความเป็นสภาพเจาะจงทิศทางเพื่อที่จะให้ Tag สามารถติดต่อสื่อสารกับ Reader ได้ถึงแม้ตัว Tag จะถูกใช้งานอยู่กับวัตถุที่เป็นของเหลว

2.4 การแพร่กระจายคลื่น (Wave Propagation)

2.4.1 การส่งผ่านอากาศว่าง (Freespace Transmission)

ระบบการส่งผ่านอากาศว่างโดยทั่วไปประกอบด้วย สายอากาศภาคส่ง ส่วนสายส่ง และสายอากาศภาครับ โดยพารามิเตอร์ที่ต้องพิจารณาได้แก่ กำลังส่ง พารามิเตอร์ของสายอากาศ (อัตราขยาย โพลารไรซ์ และ สัมประสิทธิ์การสะท้อน) ความยาวคลื่น และระยะทางระหว่างสายอากาศภาคส่งและสายอากาศภาครับ ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์จะพิจารณาตามหลักของ Friis Transmission Equation

$$P_R = P_T \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 G_T G_R \quad (2.1)$$

P_R : กำลังงานรับ (Received Power)

P_T : กำลังงานส่ง (Transmitted Power)

R: ระยะทางระหว่างสายอากาศภาคส่ง และ สายอากาศภาครับ

λ : ความยาวคลื่น (Wavelength)

G_T : อัตราขยายของสายอากาศภาคส่ง(Gain of the transmitting antenna)

G_R : อัตราขยายของสายอากาศภาครับ(Gain of the receiving antenna)

G วัดจากความสัมพัทธ์ของสายอากาศแบบไอโซโทรปิก [dBi]

2.4.2 การดูดซับ (Absorption)

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะไม่เกิดการดูดซับพลังงานเฉพาะการส่งผ่านสูญญากาศเท่านั้นถ้าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดการสูญเสียกำลังงาน และกำลังงานเปลี่ยนไปเป็นรูปแบบอื่น กระบวนการนี้เรียกว่า การลดทอน (Attenuation) การดูดซับกำหนดโดยส่วนจินตภาพของ refractive index $n = \sqrt{\epsilon_r}$ ค่าสัมบูรณ์ของความเข้มสนามจะลดลงตามส่วนของการเดินทาง ความเข้มของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่ง x ใดๆ ขึ้นอยู่กับสองพารามิเตอร์ คือ ระยะทาง x ใดๆจากแหล่งกำเนิด RF และคุณสมบัติของสื่อที่ใช้ในการส่งคลื่น การลดทอนของคลื่นสามารถคำนวณโดยอ้างอิงจากอัตราส่วนระหว่าง ความเข้มของสนามไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดกับความเข้มสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่ง x ใดๆที่เราสนใจ หลังจากทีคลื่นได้ถูกส่งผ่านทางสื่อการส่งแล้ว การลดทอนของคลื่นที่ขึ้นอยู่กับระยะทางกำหนดดังสมการที่ 2.2

$$A[dB] = 20 \log \left[\frac{E(0)}{E(x)} \right] \quad (2.2)$$

การสูญเสียในอากาศว่างที่ระยะ d ใดๆ คือ

$$a_0[dB] = 20 \log \frac{4\pi d}{\lambda} \quad (2.3)$$

วัตถุที่เป็นสารไดอิเล็กตริก (dielectric) อย่างเช่น กระจกแข็ง กระจกแข็ง ไม้อัด พลาสติกแบบ Nonconductive จะไม่เกิดการดูดซับและจะมีค่า refractive indices $\epsilon_r \approx 2-4$ ในย่านความถี่ 900 MHz

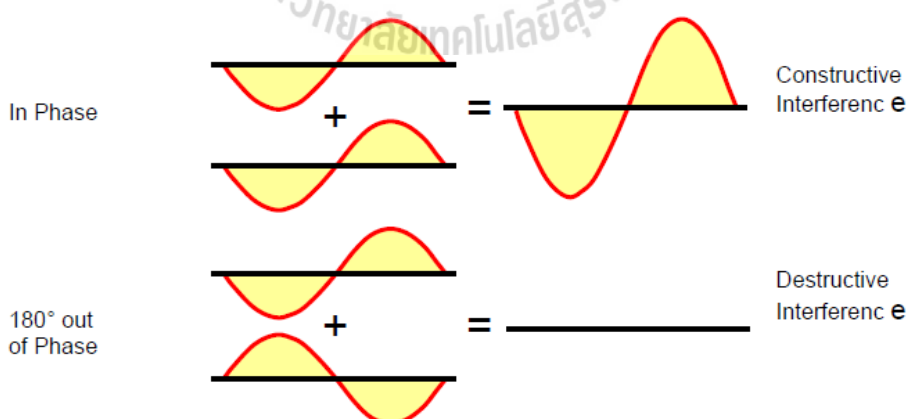
ส่วนโลหะ คลื่นจะสะท้อนกลับเมื่อตกกระทบผิวโลหะ ส่วนน้ำที่มี dielectric constant ประมาณ 80 จะสะท้อนคลื่นเกือบทั้งหมด สารไดอิเล็กตริกนั้นมักจะมีผลกระทบในย่านความถี่ UHF RFID และการส่งข้อมูลจะเกิดขึ้นที่ระยะ far field ความหนาแน่นของฟลักซ์ไฟฟ้า D ขึ้นอยู่กับสนามไฟฟ้า E และสภาพยอมการดูดซับไฟฟ้าของสื่อที่ใส่ส่ง (ϵ) ดังสมการที่ 2.4

$$D = \epsilon E = \epsilon_0 \epsilon_R E \quad (2.4)$$

เมื่อ ϵ_0 คือสภาพยอมของสุญญากาศ และ ϵ_R คือสภาพยอมของสื่อในการส่ง Label antenna สามารถประยุกต์ใช้กับวัสดุที่มีไดอิเล็กตริกสูงๆ เพื่อที่จะจัดการสองผลกระทบคือคลื่นตกกระทบ และการดูดซับ เพื่อที่จะให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น

2.4.3 การสะท้อน (Reflection)

การสะท้อนแบบสมบูรณ์เมื่อคลื่นเดินทางจะเป็นไปตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน และท่อนำคลื่น (Wave-guides) ถือเป็นตัวอย่างของอุปกรณ์ที่เกิดการสะท้อนแบบสมบูรณ์โดยคลื่นหลายๆ เส้นทางจะเกิดการรวมกัน หรือการหักล้างกัน ซึ่งเหตุการณ์นี้ เราไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในการออกแบบ RFID ในย่าน UHF การสะท้อนคลื่นเกิดขึ้นได้ 2 กรณี คือการสะท้อนโดยตรงจะเกิดขึ้นที่พื้นผิวปกติ และการสะท้อนแบบกระจายของคลื่นจะเกิดบริเวณพื้นผิวขรุขระ

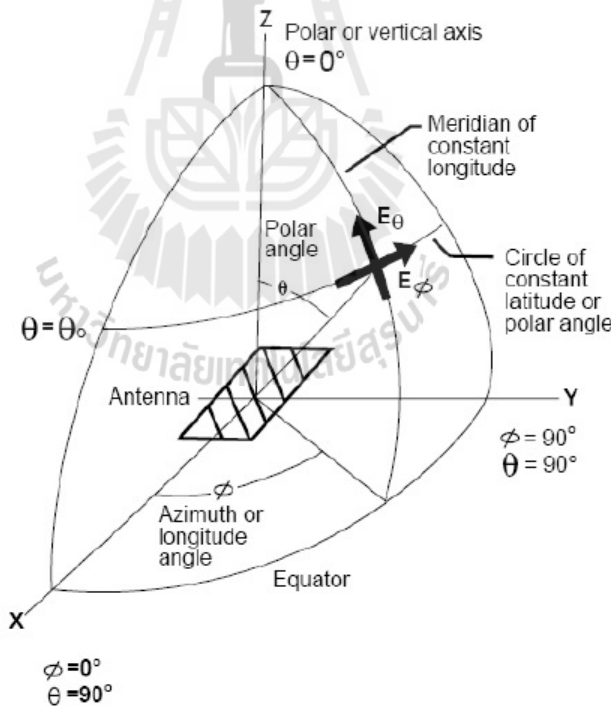


รูปที่ 2.6 คลื่นเสริมและคลื่นหักล้าง

2.5 พารามิเตอร์พื้นฐานของสายอากาศ (Fundamental Antenna Parameters)

2.5.1 แบบรูปการแผ่พลังงาน (Radiation Pattern)

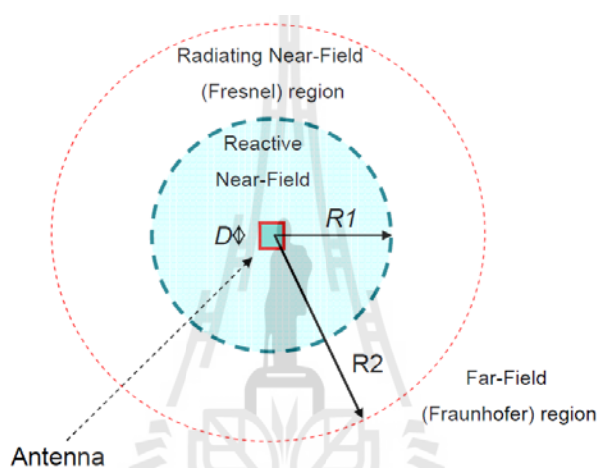
แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศกำหนดโดยฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ (mathematical function) ของ การแสดงรูปภาพของคุณสมบัติการแผ่คลื่นของสายอากาศในฟังก์ชันพื้นที่พิกัด คุณลักษณะเอาต์พุตของสายอากาศสามารถอธิบายได้โดยแบบรูปการแผ่พลังงานซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์การกระจายแบบรูปการแผ่พลังงานในฟังก์ชันทิศทางในอากาศ แบบรูปการแผ่พลังงานมักจะมีการแสดงให้เห็นเป็น 3 ระนาบ สองระนาบที่สำคัญคือระนาบสนามไฟฟ้า (E-plane) และระนาบสนามแม่เหล็ก (H-plane) ระนาบแรกคือแบบรูปการแผ่พลังงานของสนามไฟฟ้าที่มีค่าสูงสุด ระนาบต่อมาคือส่วนที่เป็นสนามแม่เหล็กที่มีค่าสูงสุด และระนาบนี้จะเป็นระนาบที่เป็นค่าเจาะจงทิศทางสูงสุด



รูปที่ 2.7 แบบรูปการแผ่พลังงาน

2.5.2 บริเวณสนาม (Field Regions)

โดยทั่วไปพื้นที่การแผ่กำลังงานรอบๆสายอากาศ จะถูกแบ่งออกเป็นสามพื้นที่ที่ต่างกันคือ reactive near field, radiating near field (Fresnel) และ far field (Fraunhofer) ขึ้นอยู่กับการออกแบบรูปทรงเรขาคณิตของสายอากาศโดยที่ D คือส่วนที่กว้างที่สุดของสายอากาศ และ R คือระยะทางของบริเวณต่างๆ



รูปที่ 2.8 สนามบริเวณรอบสายอากาศ

1. สนามระยะใกล้รีแอกทีฟ (Reactive Near Field Region)

บริเวณนี้จะเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้และอยู่รอบสายอากาศมากที่สุด โดยสนามที่เกิดขึ้นในบริเวณนี้จะเป็นสนามรีแอกทีฟเป็นส่วนใหญ่ โดยไม่ว่าจะเป็นสายอากาศแบบใดก็ตาม เราจะสมมุติให้บริเวณที่อยู่ล้อมรอบสายอากาศนั้นๆ มีรูปร่างเป็นวงกลมโดยมีสายอากาศเป็นจุดศูนย์กลาง ซึ่งรัศมีของบริเวณสนามระยะใกล้รีแอกทีฟ (Reactive Near Field Region) กำหนดให้มีค่าดังสมการ (2.5)

$$R_1 \leq 0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \quad (2.5)$$

2. สนามระยะใกล้เฟรสเนล (Radiating Near Field Region หรือ Fresnel)

บริเวณสนามระยะใกล้ที่มีการแผ่กระจายจะเป็นบริเวณที่อยู่ตรงกลางระหว่างบริเวณสนามระยะใกล้ รีแอกทีฟและบริเวณสนามระยะไกล บางครั้งอาจเรียกว่าบริเวณเฟรสเนล (Fresnel Region) โดยสนามที่เกิดขึ้นในบริเวณนี้จะมีการแผ่กระจายกำลังงานที่เป็นส่วนของจำนวนจริงเป็นส่วนใหญ่ แต่การแผ่กระจายของสนามเชิงมุม (Angular Field) ยังคงขึ้นอยู่กับระยะทางที่ห่างออกไปจากสายอากาศด้วย ในการกำหนดพื้นที่บริเวณนี้จะกำหนดให้ระยะทางดังกล่าวเท่ากับหรือมากกว่าหนึ่ง ($\beta r \geq 1$) ซึ่งสายอากาศทุกชนิดจะถูกสมมุติให้มีบริเวณ เฟรสเนลเป็นพื้นที่ที่อยู่ระหว่างวงกลมสองวงที่มีรัศมีหรือระยะทางต่างกันคำนวณโดยใช้สมการที่ (2.6)

$$0.62\sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \leq R_2 \leq \frac{2D^2}{\lambda} \quad (2.6)$$

3. สนามระยะไกล (Far field region)

สำหรับบริเวณสนามระยะไกลนั้นจะเป็นบริเวณที่อยู่ในพื้นที่วงกลมวงนอกสุดที่ถัดออกไปจากบริเวณเฟรสเนล บางครั้งเรียกว่าบริเวณฟรานโฮเฟอร์ (Fraunhofer Region) การพิจารณาสนามที่เกิดขึ้นในบริเวณนี้จะกำหนดให้เทอมของระยะทาง ($1/r$) มีค่ามากกว่าหนึ่งมากๆ ($\beta r \gg 1$) ค่าตอบของสนามที่ได้จะไม่มียังองค์ประกอบของสนามเชิงมุม เนื่องจากในเงื่อนไขของสนามระยะไกลนี้ องค์ประกอบของสนามเชิงมุมดังกล่าวจะไม่ขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างสายอากาศไปยังจุดสังเกตใดๆ ทั้งสิ้น องค์ประกอบของสนามที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นคลื่นตัดขวางกับทิศทางการเดินทาง (Transverse Electromagnetic Wave; TEM Wave) ทำให้สามารถนำมาพล็อตเพื่อหาแบบรูปการแผ่กระจายกำลังงาน (Radiation Pattern) ที่เกิดขึ้นจริงจากสายอากาศใดๆ ที่ต้องการได้ โดยระยะของสนามระยะไกลของสายอากาศทุกชนิดจะถูกกำหนดโดยสมการ (2.7)

$$R \geq \frac{2D^2}{\lambda} \quad (2.7)$$

2.5.3 ความต้านทานขาเข้า (Input impedance)

ความต้านทานขาเข้าคือพารามิเตอร์ที่อธิบายถึงพฤติกรรมในส่วนของวงจร โดยปกติแล้วในการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำคัญมากที่ทำการแมตช์ความต้านทานขาเข้า ($Z_{antenna}$) เพื่อที่จะให้แก่วoltage drop ในส่วนของคุณสมบัติของ RFID โดยปกติแล้วความต้านทานของชิป (Z_{chip}) ที่จะส่งกำลังงานสูงสุดจากแหล่งจ่ายไปยังสายอากาศจะต้องเป็นสังยุคของจำนวนเชิงซ้อนของชิป

ในทางปฏิบัติแล้ว การแมตช์ที่ดีกำลังงานที่สะท้อนกลับต้องมีค่าน้อยๆ ในการเชื่อมต่อระหว่างชิปกับสายอากาศ การสะท้อนกลับจะมีผลอย่างมากในการถ่ายโอนกำลังงานสูงสุด ในการใช้ UHF RFID IC จะมีกำลังงานที่น้อยมากในการออกแบบ ดังนั้นการแมตช์จึงมีความสำคัญอย่างมากในการที่จะทำให้ชิปมีระยะการอ่านที่ดี

2.5.4 ความต้านทานการแผ่คลื่น (Radiation Resistance)

ความต้านทานการแผ่คลื่นของสายอากาศจะเท่ากับความต้านทานที่หายไป เหมือนกับผลรวมของกำลังงานการแผ่คลื่น เมื่อกระแสของความต้านทานนี้เท่ากับกระแสที่เข้ามาในสายอากาศ ความต้านทานรวมของสายอากาศ ($R_{antenna}$) สามารถแยกออกเป็นวงจรสองส่วนที่อนุกรมกันในความต้านทานที่แตกต่างกัน

$$R_{antenna} = R_{rad} + R_{loss} \quad (2.8)$$

ซึ่ง R_{rad} คือ ความต้านทานการแผ่คลื่น และ R_{loss} คือ ความต้านทานที่สูญเสียไปเนื่องจาก non-perfect conductors และ วัสดุที่ใช้ทำ substrate

$$R_{loss} = R_{loss,con} + R_{loss,sub} \quad (2.9)$$

2.5.5 อัตราขยายและสภาพเจาะจงทิศทาง (Gain and Directivity)

อัตราส่วนระหว่างความเข้มของการแผ่คลื่นในทิศทาง d ใดๆ เทียบกับค่าเฉลี่ยการแผ่คลื่นในทุกๆ ทิศทางคืออัตราขยายของสายอากาศในทิศทางนั้นๆ อัตราขยายในทิศทางใดๆ คืออัตราที่สายอากาศจะแผ่กำลังงานสูงสุดไปในทิศทางนั้นๆ เรียกสภาพเจาะจงทิศทางของสายอากาศ และสภาพเจาะจง

ทิศทางของสายอากาศ คุณ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การแผ่คลื่นคือ อัตราขยายของสายอากาศใดๆ ในทิศทางที่ความหนาแน่นกำลังงานการแผ่คลื่นสูงสุดแผ่ไป เราจะได้รับกำลังงาน G เท่าของกำลังงานที่เราได้รับจากสายอากาศไอโซโทรปิกอัตราขยายของสายอากาศสามารถกำหนดโดยการที่เราสนใจการแผ่คลื่นในหลักการที่ว่าทิศทางการแผ่คลื่นเทียบกับ แหล่งกำเนิดไอโซโทรปิกกำหนดโดย

$$Gain = 4\pi^2 \left(\frac{S}{P_{in}} \right) \quad (2.10)$$

ความหนาแน่นกำลังงานที่สนามระยะไกล S คำนวณได้จาก สมการ (2.10)

$$S = \frac{P_{in} \cdot Gain}{4\pi d^2} \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (2.11)$$

P_{in} = กำลังงานเฉลี่ยของสายอากาศในหน่วย วัตต์ (w)

Gain = อัตราขยายที่ต้องคำนวณ

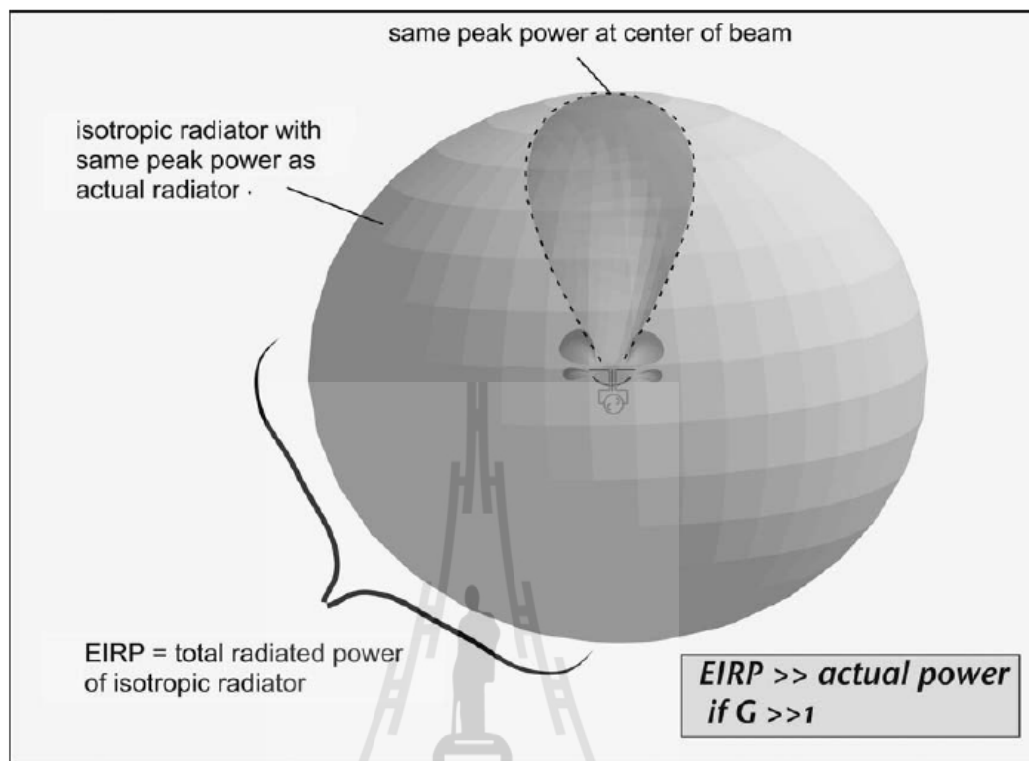
d = ระยะทางจากสายอากาศ

โดยทั่วไปเราสามารถหาอัตราขยายได้อีกจากความสัมพันธ์ของ directivity กับ ประสิทธิภาพของสายอากาศ (e)

$$G(\theta, \phi) = eD(\theta, \phi) \quad (2.12)$$

โดยที่ D กำหนดโดย

$$D(\theta, \phi) = \frac{\text{power radiated in a fixed direction}(\theta, \phi)}{\text{total power radiated by the antenna}} \quad (2.13)$$



รูปที่ 2.9 Definition of effective isotropic radiated power

2.5.6 ประสิทธิภาพ (Efficiency)

ประสิทธิภาพของสายอากาศคำนึงถึงผลกระทบของการสูญเสียเพิ่มเติม ซึ่งการเกิดขึ้นของการสูญเสียที่ทางด้านขาเข้าหรือภายในโครงสร้างของสายอากาศ

ประสิทธิภาพ คือ อัตราร้อยละของกำลังงานที่ถูกส่งไปในสายอากาศจริงๆ แล้ว ซึ่งจะตรงกันข้ามกับการดูดซับหรือการสะท้อน

สำหรับสายอากาศในอุดมคติ คือสายอากาศที่ไม่เกิดการสูญเสีย อัตราขยายจะเท่ากับกำลังงานที่ถูกส่งมาหลักการนี้สามารถกำหนดการสูญเสียจากการสะท้อนกลับ (การไม่แมตช์ระหว่างไอซีซีกับสายอากาศ) หรือ การเหนี่ยวนำ และ หรือ การสูญเสียไดอิเล็กตริก

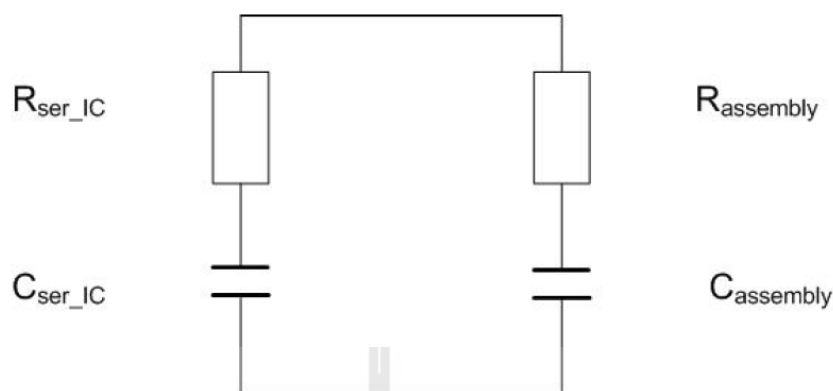
2.5.7 แบนด์วิดท์ (Bandwidth) และค่า Q

แบนด์วิดท์สามารถกำหนดความกว้างของความถี่ ทั้งสองข้างจากความถี่กลาง (ตัวอย่างเช่น ความถี่ resonance ของสายอากาศไดโพล) ที่ซึ่งคุณลักษณะของสายอากาศ เช่น ความต้านทานขาเข้า, แบบรูปการแผ่กำลังงาน ความกว้างลำคลื่น (beam width) โพลาไรซ์ (polarization) ระดับโหลบข้าง (side lobe level) ทิศทางลำคลื่น (beam direction) ประสิทธิภาพการแผ่คลื่น (radiation efficiency) ภายในสามารถยอมรับได้ที่ความถี่กลางสายอากาศจะทำหน้าที่เก็บพลังงาน (ความจุไฟฟ้า) แล้วเปลี่ยนเป็นกระแส (ด้วยการเหนี่ยวนำ หรือ inductance) และ แผ่กำลังงานออกไปในอากาศเป็นตัวต้านทาน (resistance) ดังนั้นเราจะเขียนวงจร RLC โดยการกำหนดวงจรซึ่งจะขึ้นอยู่กับ ชนิดของสายอากาศสำหรับ สายอากาศไดโพลที่สั้นเปรียบเทียบกับความยาวคลื่นจะเป็นเหมือนการรวมแบบอนุกรมของ ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ กับค่าความต้านทานบางตัว โดยทั่วไปแล้วค่าความเหนี่ยวนำและความจุจะขึ้นกับความยาวไดโพล และ bandwidth จะเป็นส่วนกลับของ Q factor ซึ่งสามารถหาอัตราส่วนของผลรวม reactance กับ resistance สำหรับวงจรอนุกรมทั่วไป Q มีค่าประมาณสองเท่าของการขยายแรงดัน ดังนั้น การขยายแรงดันจะต้องมีการแลกเปลี่ยนกับค่าของ bandwidth สำหรับสายอากาศที่มีความต้านทานมากๆ (นั่นคือ ค่าของการเหนี่ยวนำมาก และ ค่าของตัวเก็บประจุน้อยๆ) และค่าความต้านทานน้อยๆสามารถปรับให้แมตช์กับความถี่ของแท่งได้ ด้วยการถ่ายโอนกำลังงานสูงสุด และ การเพิ่มแรงดัน แต่คุณสมบัติจะลดลงเมื่อใช้กับความถี่อื่นๆ สายอากาศที่มีความต้านทานน้อยๆจะมีคุณสมบัติที่ดีกว่าในความถี่อื่นๆ

$$BW \approx \frac{1}{Q} \quad (2.14)$$

2.6 วงจรไฟฟ้าสมมูล (Electrical equivalent circuits)

สำหรับการออกแบบสายอากาศ UHF เป็นสิ่งที่จำเป็นในการตรวจสอบความต้านทานส่วนต่างๆของระบบ หมายถึงการประกอบกันระหว่างไอซีชิปและแท่ง



รูปที่ 2.10 วงจรสมมูลแบบอนุกรม

2.7 การแมตช์ (Matching)

ความต้านทานขาเข้าคือพารามิเตอร์ที่อธิบายถึงพฤติกรรมในส่วนของวงจร โดยปกติแล้วในการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำคัญมากที่ทำการแมตช์ความต้านทานขาเข้า (Z_{antenna}) เพื่อที่จะให้แก่วงจรความต้านทานแหล่งจ่าย ในส่วนของคุณสมบัติของ RFID โดยปกติแล้วความต้านทานของไอซีชิป (Z_{chip}) ที่จะส่งกำลังงานสูงสุดจากแหล่งจ่ายไปยังสายอากาศจะต้องเป็นสังยุคของจำนวนเชิงซ้อนของไอซีชิป

$$Z_{\text{antenna}} = Z_{\text{chip}}^* \quad (2.15)$$

ในส่วนของความต้านทานส่วนจริงจะเป็นดังนี้

$$R_{\text{antenna}} = R_{\text{chip}}$$

(2.16)

$$X_{\text{antenna}} = -X_{\text{chip}}$$

(2.17)

สำหรับการออกแบบสายอากาศที่มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องทำการแมตช์ส่วนจริงและการสังยุคส่วนจินตภาพในส่วนของความต้านทานแหล่งกำเนิด หลักการนี้คำนึงถึงความต้านทาน

ของไอซีชิปและความต้านทานรวมของแท็ก ถ้าเราสมมุติว่าความต้านทานตัวประกอบสัณยศาสตร์ระหว่างสายอากาศกับชิปสายอากาศได้รับกำลังงานสูงสุดดังสมการ

$$P_{antenna,max} = \frac{|V_{antenna}|^2}{4R_{antenna}} \quad (2.18)$$

ซึ่ง $V_{antenna}$ คือแรงดันที่กำเนิดโดยแท็กที่ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และ $R_{antenna}$ คือความต้านทานของแท็ก

การที่จะหากำลังงานของแท็กที่จุดใดๆ ได้ดังสมการ

$$P_{tag} = A_{tag} \cdot S \quad (2.19)$$

A_{tag} = พื้นที่ที่รับได้ของสายอากาศตามสเปกของเครื่องอ่าน (Reader)

S = ความหนาแน่นกำลังงาน

$$A_{tag} = \frac{\lambda_0^2}{4\pi} \cdot G_{tag} \quad (2.20)$$

λ_0 = ความยาวคลื่น

G_{tag} = อัตราขยายของแท็ก

$$S = \frac{P_{reader} \cdot G_{reader}}{4\pi \cdot D^2} \quad (2.21)$$

P_{reader} = กำลังงานของเครื่องอ่าน

G_{reader} = อัตราขยายสายอากาศของเครื่องอ่าน

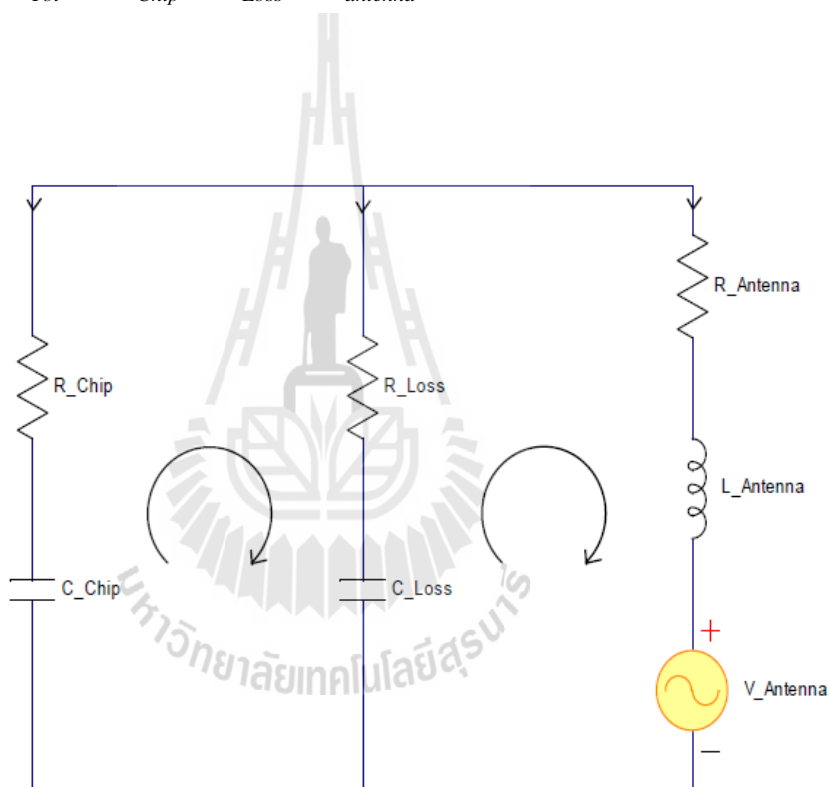
D = ระยะทางสูงสุดระหว่างแท็กกับเครื่องอ่าน

การหาคำลังงานรวมที่แท็กได้รับประกอบด้วยสามส่วน คือ

$$P_{Tot} = P_{chip} + P_{loss} + P_{antenna} \quad (2.22)$$

ประสิทธิภาพของไอซีชิปหาได้จาก

$$\eta_{Chip} = \frac{P_{chip}}{P_{Tot}} = \frac{P_{Chip}}{P_{Chip} + P_{Loss} + P_{antenna}} \quad (2.23)$$



รูปที่ 2.11 วงจรสมมูลไฟฟ้าของการส่งผ่าน

2.8 สัมประสิทธิ์การสะท้อน (Reflection coefficient)

การเกิดสัมประสิทธิ์การสะท้อนโดยเฉพาะในความถี่สูงๆอย่างเช่นความถี่ย่าน UHF การไม่แมตช์ ระหว่างแหล่งกำเนิดกับโหลดถูกกำหนดโดยสัมประสิทธิ์การสะท้อน (Γ) พื้นฐานของทฤษฎีสายนำสัญญาณสัมประสิทธิ์การสะท้อนกำหนดโดยอัตราส่วนระหว่างคลื่นสะท้อนกับคลื่นตกกระทบ

สัมประสิทธิ์การสะท้อนเป็นตัวที่จะใช้วัดคุณภาพการแมตช์ระหว่างแหล่งกำเนิดกับความต้านทานของโหลดดังสมการ

$$\Gamma = \frac{Z - Z_0^*}{Z + Z_0}$$

(2.24)

Z คือ ความต้านทานที่ได้จากการวัด

Z_0 คือ normalizing impedance

โดยส่วนมากส่วนจินตภาพของ Z_0 มักจะมีค่าเป็นศูนย์ และส่วนจริงจะถูกกำหนดไว้

$$\Gamma = \frac{Z - R_0}{Z + R_0}$$

(2.25)

2.9 สรุป

ในการทำโครงการการออกแบบสายอากาศสำหรับแท็ก มีการนำหลักการของสายอากาศไมโครสตริปมาประยุกต์ ซึ่งก่อนการออกแบบและทำชิ้นงาน จำเป็นต้องศึกษาทฤษฎีพื้นฐานในเรื่องที่ได้กล่าวมาเช่น ความเข้าใจในเรื่องของสายอากาศ การแพร่กระจายของคลื่น โพลาริเซชัน พารามิเตอร์พื้นฐานของสายอากาศ แบบรูปการแผ่พลังงาน การแมตช์และ สัมประสิทธิ์การสะท้อนให้มีความเข้าใจเป็นอย่างดี เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

บทที่ 3

การออกแบบและการจำลองแบบ

3.1 กล่าวนำ

การออกแบบสายอากาศสำหรับ RFID Tag นั้นเป็นการออกแบบสายอากาศไมโครสตริป ให้แมตช์กับ ไอซีชิป (IC Chip) และตรงกับย่านความถี่ที่ตัวเครื่องอ่าน (Reader) สามารถอ่านได้ โดยในการออกแบบใช้โปรแกรม CST ในการออกแบบ

3.2 ข้อกำหนดเบื้องต้นในการออกแบบ

3.2.1 เครื่องอ่าน (Reader)

หน้าที่สำคัญของเครื่องอ่านข้อมูล ก็คือการรับข้อมูลที่ส่งมาจากแท็ก แล้วทำการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล ถอดรหัสสัญญาณข้อมูลที่ได้รับซึ่งกระทำโดย ไมโครคอนโทรเลอร์ อัลกอริทึมที่อยู่ในเฟิร์มแวร์ (Firmware) ของตัวไมโครคอนโทรเลอร์จะทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณ ถอดรหัสสัญญาณที่ได้ และทำหน้าที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อนำข้อมูลผ่านเข้าสู่กระบวนการต่อไป นอกจากนี้ตัวอ่านข้อมูลที่ดีต้องมีความสามารถในการป้องกันการอ่านข้อมูลซ้ำ เช่น ในกรณีที่เกิดถูกล้วงทั้งอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตัวอ่านข้อมูลสร้างขึ้น หรืออยู่ในระยะการรับส่ง ก็อาจทำให้ตัวอ่านข้อมูลทำการรับหรืออ่านข้อมูลจากแท็กซ้ำอยู่เรื่อยๆ ไม่สิ้นสุด โดยเครื่องอ่านที่นำมาใช้งานคือ MR6134A เป็นเครื่องอ่านที่ทำงานในช่วงย่านความถี่ UHF แสดงในภาคผนวก

3.2.2 ไอซีชิป (IC Chip)

หน้าที่ ไอซีชิปคือ เก็บข้อมูลของวัตถุ ในหน่วยความจำ ซึ่งในหน่วยความจำนี้ อาจเป็นแบบอ่านได้อย่างเดียว (ROM) หรือ ทั้งอ่านและเขียน (RAM) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการนำไปใช้งาน โดยปกติ หน่วยความจำแบบ ROM จะเก็บข้อมูลด้านความปลอดภัย เช่น สิทธิในการเข้าออกประตู ส่วน RAM ใช้เก็บข้อมูลชั่วคราวในระหว่างที่ Tag และ Reader ทำการติดต่อสื่อสาร

กัน ที่นำมาใช้งานคือ UCODE G2XL เป็น ไอซีชิปที่ทำงานในช่วงย่านความถี่ UHF มีอิมพีแดนซ์ คือ $21.3-j191.7 \Omega$ แสดงในภาคผนวก

3.2.3 ความถี่ที่ใช้ (Frequency)

ความถี่ที่ใช้งาน เป็นความถี่ในย่าน ความถี่สูงยิ่ง (Ultra Hight Frequency : UHF) ซึ่ง ประเทศไทยถูกกำหนดให้สามารถใช้งานได้ในช่วงความถี่ 921 – 925 MHz (923 MHz)

3.2.4 ขนาดของแท็กที่ต้องการ (Tag)

ขนาดของแท็กที่ต้องการคือ $2 \times 9 \text{ cm}$

3.2.5 การแมตช์ (Matching)

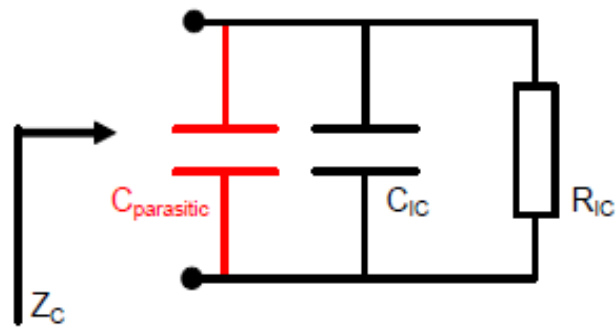
ความต้านทานขาเข้าคือพารามิเตอร์ที่อธิบายถึงพฤติกรรมในส่วนของวงจร โดย ปกติแล้วในการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำคัญมากที่ทำการแมตช์ความต้านทานขาเข้า (Z_{antenna}) เพื่อที่จะให้แก่ความต้านทานแหล่งจ่าย ในส่วนของคุณสมบัติของ RFID โดยปกติแล้วความต้านทานของไอซีชิป (Z_{chip}) ที่จะส่งกำลังงานสูงสุดจากแหล่งจ่ายไปยังสายอากาศจะต้องเป็นสังยุคของจำนวนเชิงซ้อนของไอซีชิป

$$Z_{\text{antenna}} = Z_{\text{chip}}^* \quad (3.1)$$

ในส่วนของค่าความต้านทานส่วนจริงและส่วนจินตภาพจะเป็นดังนี้

$$R_{\text{antenna}} = R_{\text{chip}} \quad (3.2)$$

$$X_{\text{antenna}} = -X_{\text{chip}} \quad (3.3)$$



รูปที่ 3.1 วงจรสมมูลที่เพิ่มไอซีชิป

วิธีการเพื่อที่จะแมตช์ให้ดีที่สุดระหว่างสายอากาศกับไอซีชิปเพื่อที่จะลดกำลังงานสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S^2|$ เป็นไปดังสมการ

$$|S^2| = \left| \frac{Z_{Ant} - Z_c^*}{Z_{Ant} + Z_c} \right| \quad (3.4)$$

โดยที่เรารู้พารามิเตอร์สายอากาศของแท็ก สามารถคำนวณประสิทธิภาพของแท็กได้ดัง

$$Range = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_{Reader}}{P_{Tag}} \cdot G_{Reader} G_{Tag}} \quad (3.5)$$

โดยที่ λ คือความยาวคลื่น P_{eirr} กำลังงานการแผ่คลื่นแบบไอโซโทรปิกที่ส่งมาจากเครื่องอ่าน G_r คืออัตราขยายสายอากาศของแท็ก P_{th} กำลังงานที่น้อยที่สุดที่ต้องการของไอซีชิป (จะบอกมาในดาต้าชีต) และ P คือการสูญเสียจากโพลาริซ

3.2.6 สัมประสิทธิ์การสะท้อน (Reflection coefficient)

การเกิดสัมประสิทธิ์การสะท้อนโดยเฉพาะในความถี่สูงๆ อย่างเช่นความถี่ย่าน UHF การไม่แมตช์ระหว่างแหล่งกำเนิดกับโหลดถูกกำหนดโดยสัมประสิทธิ์การสะท้อน (Γ) พื้นฐานของทฤษฎีสายนำสัญญาณสัมประสิทธิ์การสะท้อนกำหนดโดยอัตราส่วนระหว่างคลื่นสะท้อนกับคลื่นตกกระทบ สัมประสิทธิ์การสะท้อนเป็นตัวที่จะใช้วัดคุณภาพการแมตช์ระหว่างแหล่งกำเนิดกับความต้านทานของโหลดดังสมการ

$$\Gamma = \frac{Z - Z_0^*}{Z + Z_0} \quad (3.6)$$

Z คือความต้านทานที่ได้จากการวัด

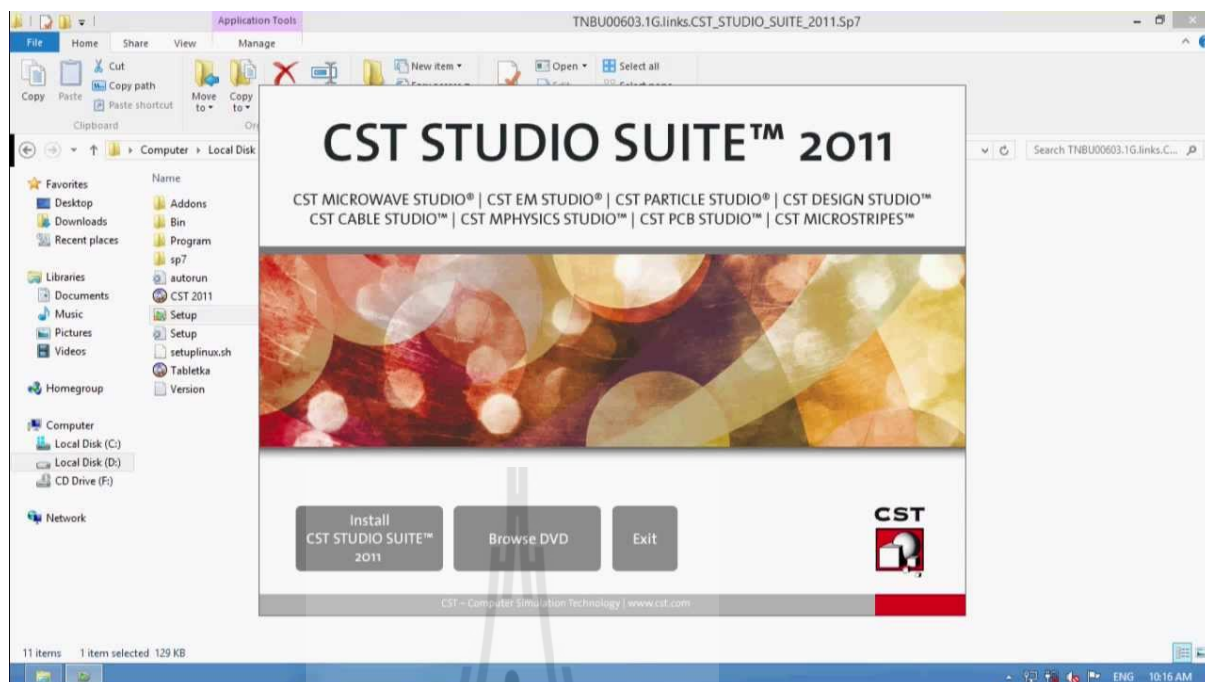
Z_0 คือ normalizing impedance

โดยส่วนมากส่วนจินตภาพของ Z_0 มักจะมีค่าเป็นศูนย์ และส่วนจริงจะถูกกำหนดไว้

$$\Gamma = \frac{Z - R_0}{Z + R_0} \quad (3.7)$$

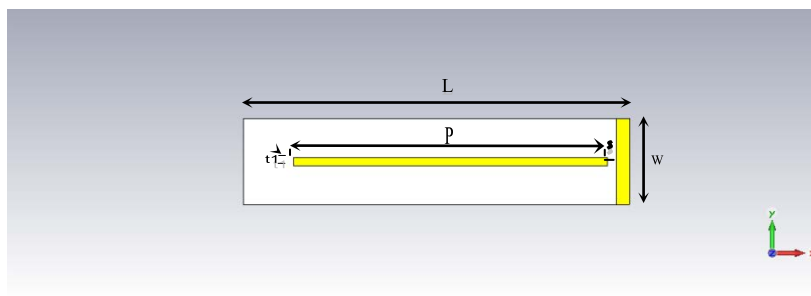
3.3 การออกแบบสายอากาศ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงหลักการออกแบบสายอากาศแท่งและผลของการจำลองสายอากาศแท่ง ซึ่งสายอากาศแท่งที่นำเสนอจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของด้านหน้า ที่ทำหน้าที่เป็นตัวแพร่กระจายคลื่น ส่วนอีกด้านของแผ่นวงจรจะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นระนาบกราวด์ของสายอากาศแท่ง โดยการออกแบบสายอากาศแท่งที่นำเสนอจะใช้โปรแกรม CST Microwave Studio ในการจำลองสายอากาศแท่ง

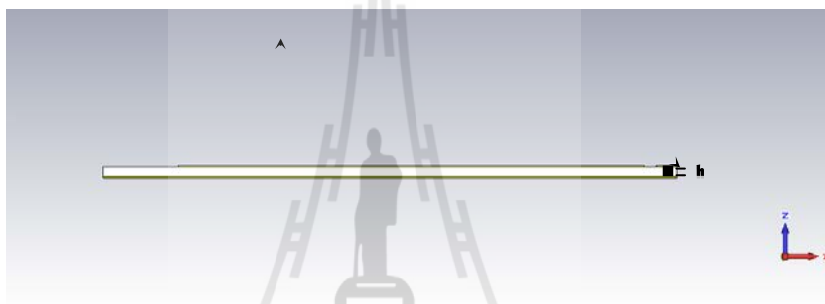


ภาพที่ 3.2 โปรแกรม CST ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองผล

จากที่กล่าวมาข้างต้นว่าสายอากาศแท่งที่นำเสนอมีต้นแบบมาจากสายอากาศรูปตัวที ดังแสดงในรูปที่ 3.3 วัสดุที่ใช้เป็นแผ่น FR4 ที่มีแผ่นทองแดงสองด้าน โดยแผ่น FR4 นี้มีความหนาเป็น 1.6 mm มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกเป็น 4.3 และค่าสูญเสียแทนเจนต์เป็น 0.02 โดยโครงสร้างสายอากาศนี้ประกอบไปด้วยเส้นตรงยาวและเส้นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่เจาะรูตรงกลางเพื่อเชื่อมต่อกับระนาบกราวด์ โดยสายอากาศแท่งจะมีความยาว ($L=9$ cm) มีความกว้าง ($W=2$ cm) และมีความหนา ($h=0.16$ cm) ซึ่งหากดูจากขนาดรวมของแท่งจะเห็นว่า จะมีความกะทัดรัด ไม่ใหญ่จนเกินไป มีลักษณะเรียวยาว มีความสะดวกต่อการพกพาและจัดเก็บ



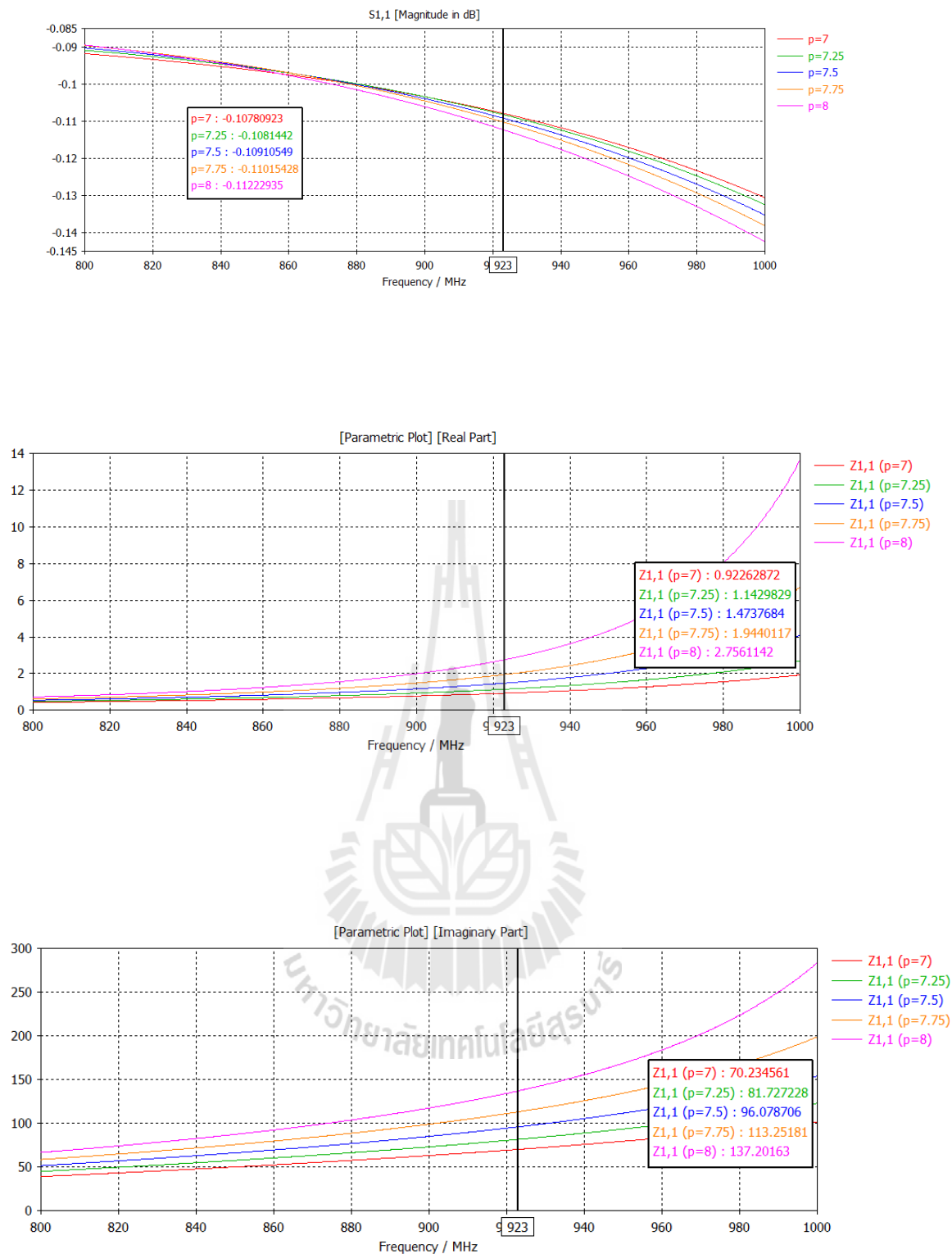
(ก) โครงสร้างของแท็ก



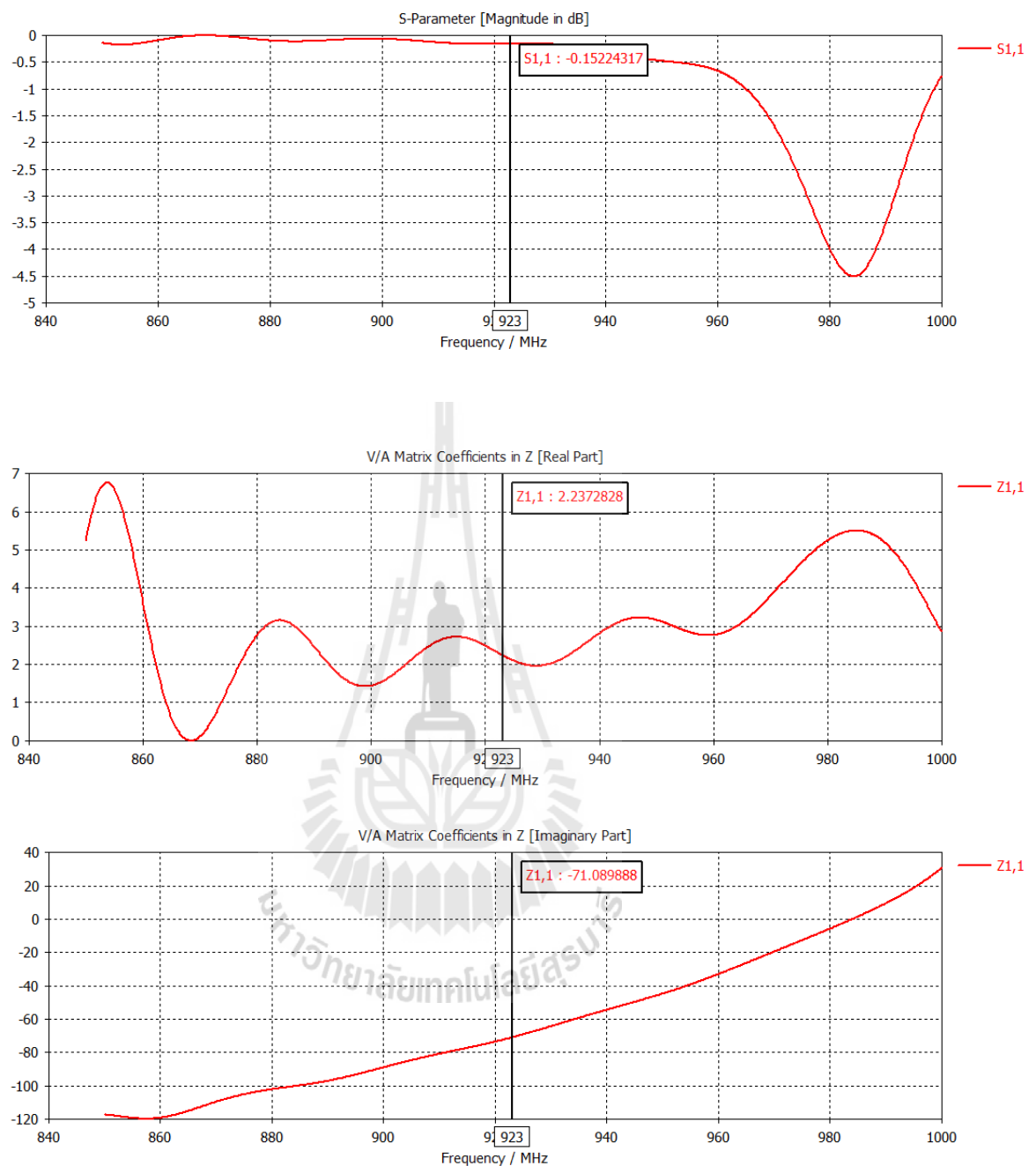
(ข) ภาพด้านข้าง

รูปที่ 3.3 โครงสร้างสายอากาศแท็กรูปตัวที

เส้นตรงรูปสี่เหลี่ยมที่มีความกว้างเป็น (t_2) ที่สำหรับไว้เชื่อมกับระนาบกราวด์ด้านหลัง นั้น กำหนดให้มีความกว้างประมาณ $\lambda/50$ หรือประมาณ 3.12 มิลลิเมตร ส่วนช่องว่างระหว่าง เส้นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า กับเส้นตรงยาวนั้นจะเป็นส่วนไว้สำหรับติด IC Chip ซึ่งกำหนดให้มี ระยะห่างเป็น 2 มิลลิเมตรซึ่งจะมีขนาดเท่ากับความกว้างของ IC Chip พอดี ส่วนเส้นตรงยาว จะ กำหนดให้มีความยาวเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น ($P=7.825$ cm) หลังจากนั้นจะลอง เปลี่ยนแปลงความยาว P เพื่อดูค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศแท็ก ว่ามีแนวโน้มอย่างไรเมื่อมีความ ยาวที่เปลี่ยนไป หลังจากได้ลองศึกษาคุณลักษณะของสายอากาศแท็กเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ค่าพารามิเตอร์ P พบว่า เมื่อค่าพารามิเตอร์ P เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าความต้านทานและค่ารีแอกแตนซ์เพิ่มขึ้นตามไปด้วยและให้ค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศที่ไม่สามารถแมตช์กับ IC Chip ได้ พารามิเตอร์ P จึงไม่เหมาะสำหรับการที่จะแมตช์อิมพีแดนซ์ ดังนั้นในการออกแบบเราจึงจะให้ ค่าความยาวของเส้นตรงยาว (P) มีค่าเท่ากับ 7.825 cm



ภาพ 3.4 แสดงการหาค่าความยาว ของพารามิเตอร์ P



ภาพที่ 3.5 ผลการจำลองสายอากาศขณะที่ยังไม่เพิ่มเส้นพาราซิติค โดยใช้ Port = 50 Ω

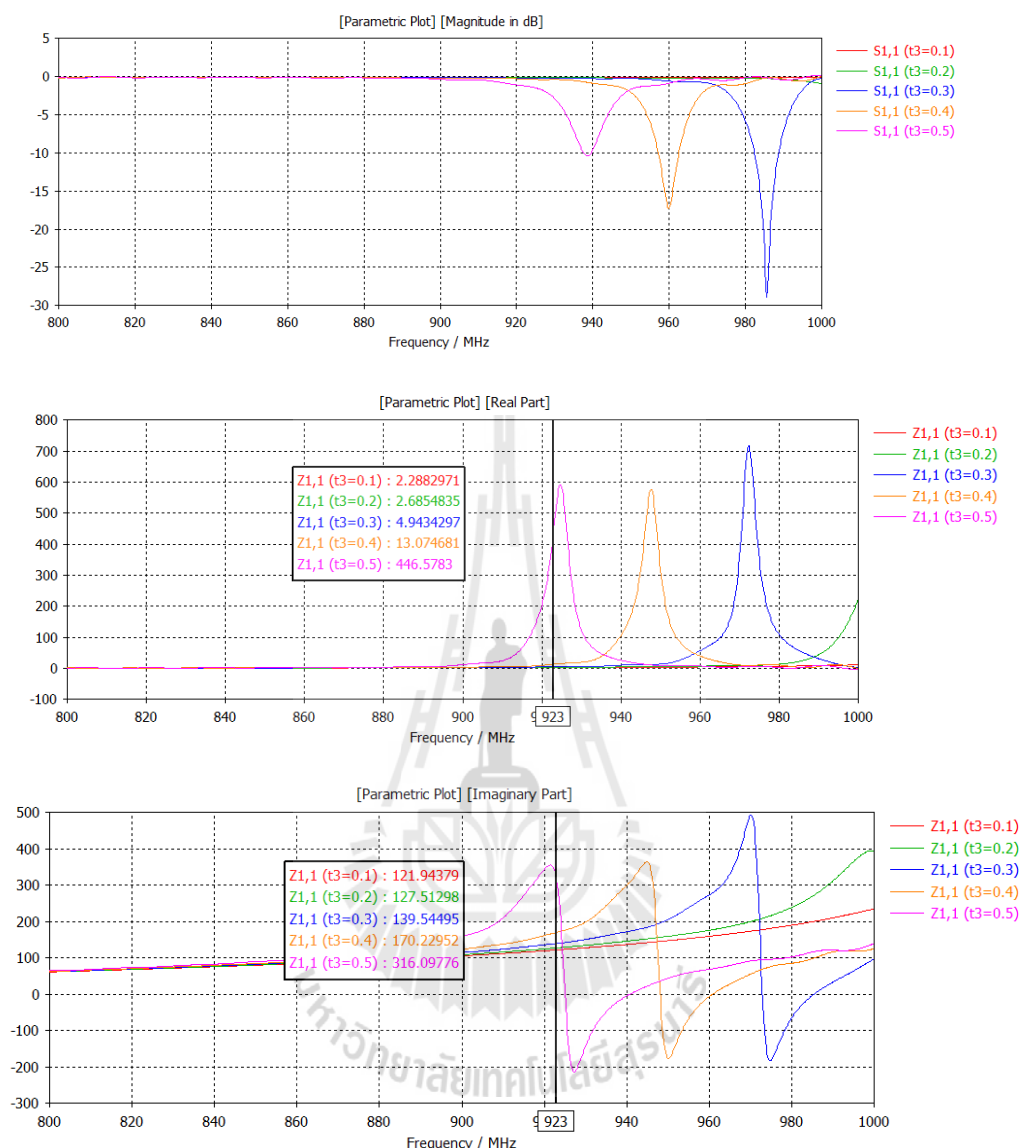
จากภาพที่ 3.5 จะเห็นว่าสายอากาศขณะที่ยังไม่มีเส้นพาราซิติคเข้ามาช่วยในการแผ่รังสี สายอากาศจะทำงานที่ความถี่ประมาณ 982 MHz ส่วนค่าอิมพีแดนซ์อยู่ที่ประมาณ $2.23 - j71.09$ ซึ่งยังไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ที่เราต้องการ อันดับต่อไปจึงจะลองเพิ่มเส้นพาราซิติค และศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนต่อไปจึงจะลองเพิ่มเส้นพาราซิติคคู่ขนาน โดยวางขนานกับเส้นตรงยาว P ซึ่งการเพิ่มเส้นพาราซิติคนี้อาจจะมีส่วนที่ช่วยทำให้การแมตช์กันระหว่าง IC Chip กับสายอากาศง่ายขึ้นก็ได้

ต่อมาได้เพิ่มเส้นพาราซิติคลงไปโดยวางขนานกับเส้นตรงยาว P โดยความยาวของพาราซิติคคู่ขนานนี้จะเริ่มต้นที่ตำแหน่งเดียวกับเส้นตรงยาว P แต่ส่วนปลายของเส้นพาราซิติคจะยาวมาถึงขอบของสายอากาศแท็ก และกำหนดให้ความกว้างของพาราซิติคคู่ขนานมีค่าเป็น (t_3) และความกว้างนี้กำหนดให้เพิ่มขึ้นจากขอบล่างของสายอากาศแท็ก



ภาพที่ 3.6 สายอากาศเมื่อเพิ่มเส้นพาราซิติคเข้าไป



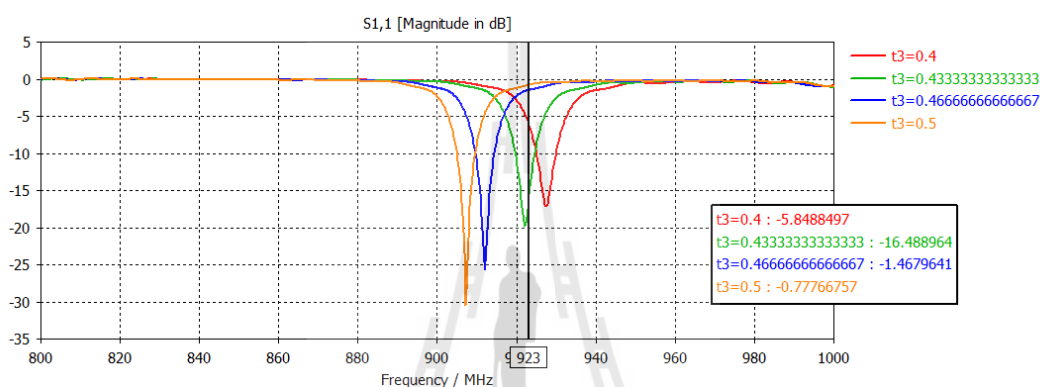
ภาพที่ 3.7 แสดงคุณลักษณะของสายอากาศเมื่อเพิ่มเส้นพาราซิติค

ภาพที่ 3.7 ได้ทำการศึกษาคุณลักษณะของสายอากาศเมื่อค่าพารามิเตอร์ t_3 เปลี่ยนไป จะเห็นว่า เมื่อเพิ่มเส้นพาราซิติคเข้าไป จะเห็นว่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการมากขึ้น สายอากาศมีแนวโน้มที่จะสามารถทำงานได้ในความถี่ที่ต้องการเมื่อเทียบกับขณะที่ไม่มีเส้นพาราซิติค

จากภาพที่ 3.7 ค่าความกว้างของพารามิเตอร์ t_3 ที่ทำให้คุณลักษณะของสายอากาศใกล้เคียงกับความต้องการอยู่ระหว่าง 0.4-0.5 cm ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อ t_3 มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความ

ด้านทานและค่าจินตภาพของสายอากาศก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังนั้นอาจแสดงว่าพารามิเตอร์ t_3 อาจจะเป็นตัวแปรที่สามารถควบคุมอิมพีแดนซ์ของสายอากาศแท็ก

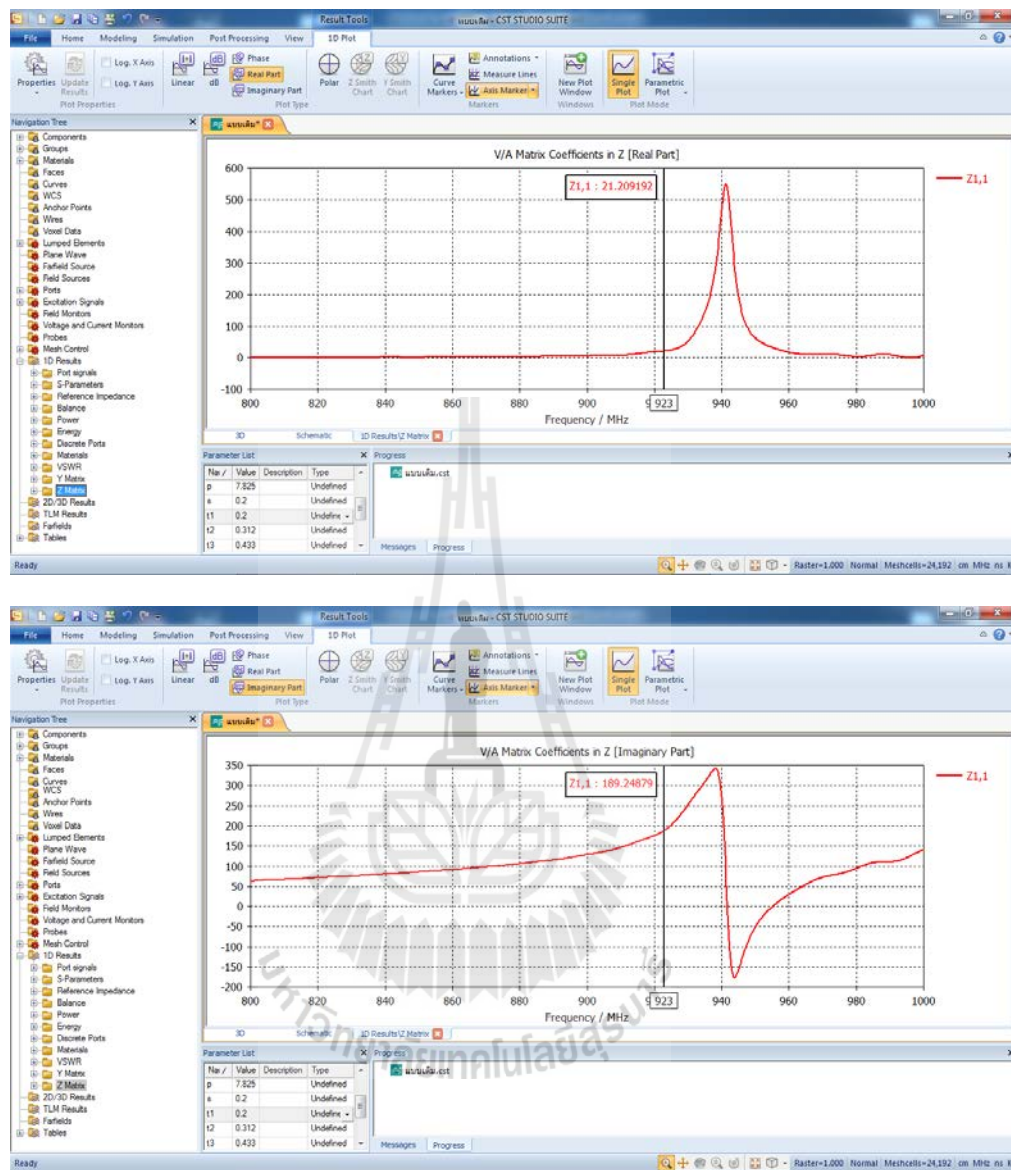
เมื่อเราทราบค่าความกว้างของ t_3 ที่ดีที่สุดอยู่ในช่วง 0.4-0.5 cm ขั้นตอนต่อไป จะทำการ Vary ความกว้างของ t_3 ตั้งแต่ 0.4 cm ถึง 0.5 cm ซึ่งผลการจำลองดังแสดงในภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 แสดงผลการจำลองสายอากาศเมื่อ t_3 มีค่า 0.4 – 0.5 cm

จะเห็นว่าค่าความกว้างของพารามิเตอร์ t_3 ที่ดีที่สุด คือ 0.433 cm ซึ่งสามารถที่จะทำให้สายอากาศแท็กสามารถทำงานได้ในความถี่ 923 MHz และอิมพีแดนซ์สายอากาศก็ยังมีค่าใกล้เคียงที่จะแมตช์สังยุคกับ IC Chip ได้ จึงอาจกล่าวได้ว่า Tag กับ TC Chip สามารถทำงานร่วมกันได้

จากการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของสายอากาศ ทำให้ได้ค่าความยาว P และค่าความกว้าง t_3 ที่ให้อิมพีแดนซ์ของสายอากาศดีที่สุดในที่ $P=7.825$ cm และ $t_3=0.433$ cm ต่อไปจะทำการ Simulation สายอากาศ เมื่อ $P=7.825$ cm และ $t_3=0.433$ cm โดยใช้ Port 50 Ω ซึ่งแสดงผลดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 ผลการจำลองเมื่อ $\epsilon_3=0.433\text{cm}$ $P=7.825\text{cm}$ โดยใช้ Port=50 Ω

จากภาพที่ 3.10 เมื่อ $\epsilon_3=0.433\text{ cm}$ $P=7.825\text{ cm}$ ส่งผลให้ได้ค่าอิมพีแดนซ์ที่ดีที่สุดที่จะสามารถแมตช์กับ IC Chip ได้คือมีค่า $21.2 + j189.2$ ต่อไปจึงลองเปลี่ยน Port โดยจะใส่เป็น $R=21.3$ และ $C=9e-13$ แล้วจะดูค่า S_{11} หรือ Return loss

ต่อไปจึงลองเปลี่ยน Port โดย จะใส่เป็น $R = 21.3$ และ $C = 9e-13$ แล้วจะดูค่า S_{11} หรือ Return loss โดยค่า

R มีค่า 21.3 โดยอ้างอิงมาจากค่าความต้านทานอิมพีแดนซ์ของ IC Chip ส่วนค่า C อ้างอิงมาจากค่าที่เป็นเชิงซ้อนอิมพีแดนซ์ของ IC Chip ซึ่งสามารถแปลงจากสมการดังนี้

$$C = \frac{1}{j\omega R} \quad (3.12)$$

วิธีการคำนวณ

$$-j191.7 = \frac{1}{j\omega R}$$

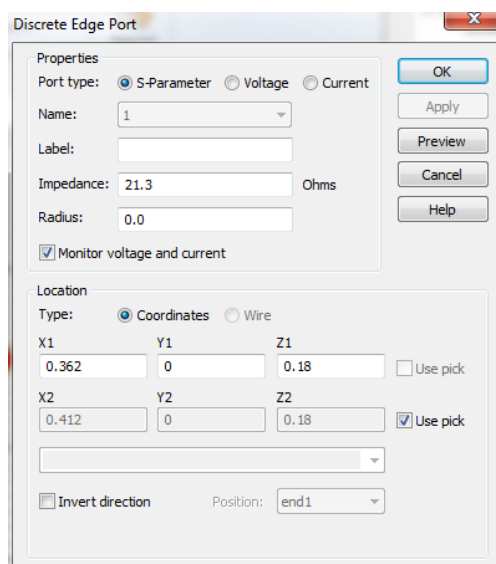
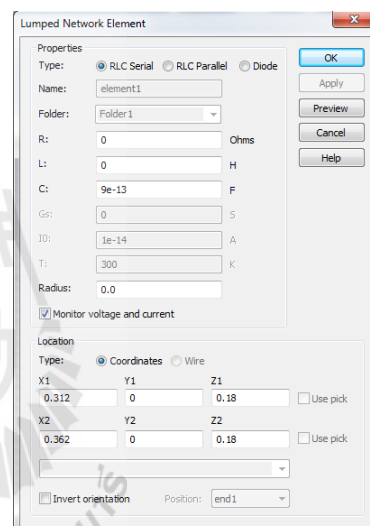
$$-j191.7 = \frac{1}{j(2\pi)(923\text{MHz})C}$$

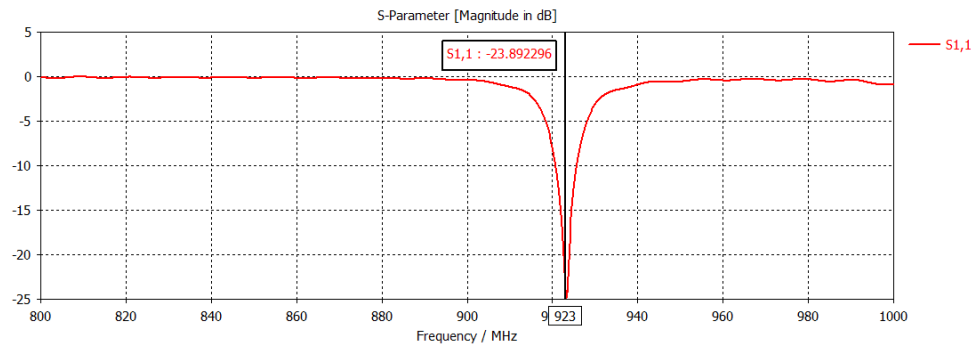
$$(-j191.7)(j5.79\text{GHz})C = 1$$

$$(1.1117)C = 1$$

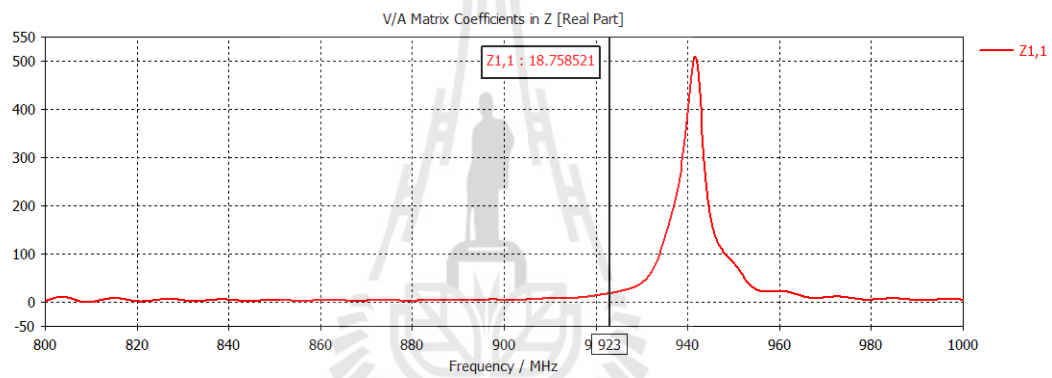
$$C = 0.89 \text{ PF}$$

$$C = 9e-13$$

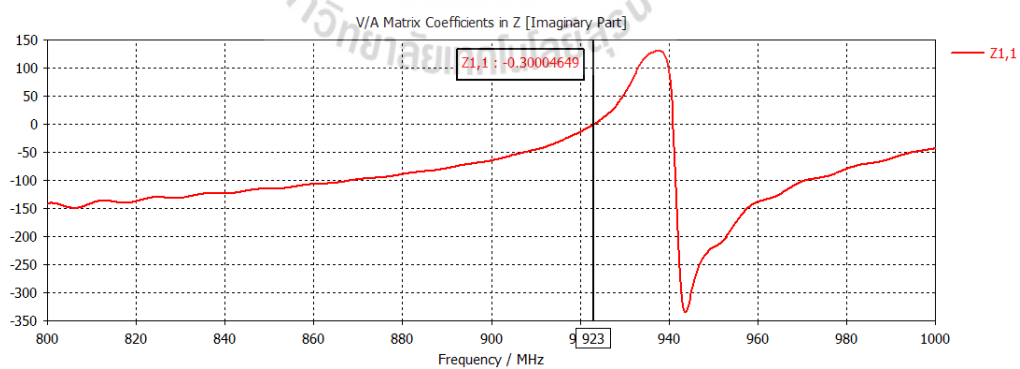




(ก) ค่า S11 ที่ต่ำที่สุด เมื่อ $t_3=0.433\text{cm}$ $P=7.825\text{cm}$



(ข) แสดงค่าจริงที่มีสัมประสิทธิ์น้อยที่สุด

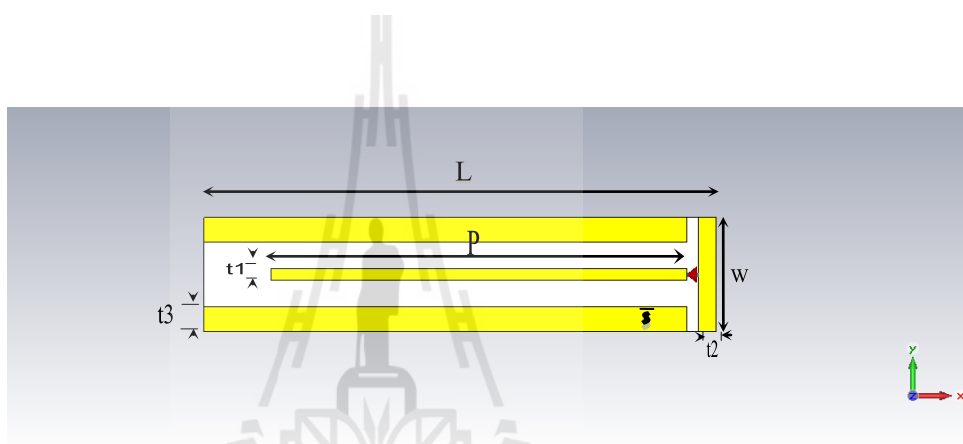


(ค) แสดงค่าจินตภาพที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนน้อยที่สุด

ภาพที่ 3.11 แสดงค่า Return loss โดยใส่ Port R=21.3 C=9e-13

เมื่อใส่ Port R = 21.3 โอห์ม และ Port C = $9e-13$ จะเห็นว่า ค่า S11 สามารถทำงานได้ที่ความถี่ 923 เมกะเฮิร์ตซ์ และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของค่าจริงอยู่ที่ 18.75 และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของค่าจินตภาพอยู่ที่ -0.30 ซึ่งสอดคล้องกับสมการที่ 3.7 แต่ค่าที่ได้ อาจมีการคลาดเคลื่อนเล็กน้อย แต่ก็ถือว่าอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สายอากาศแท่งที่ออกแบบนี้สามารถแมตช์กับไอซีชิปได้

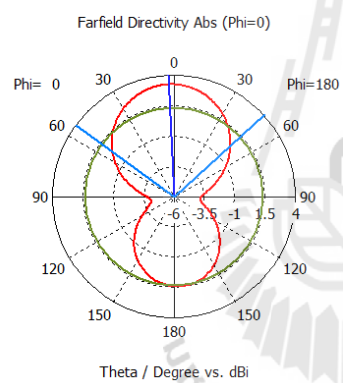
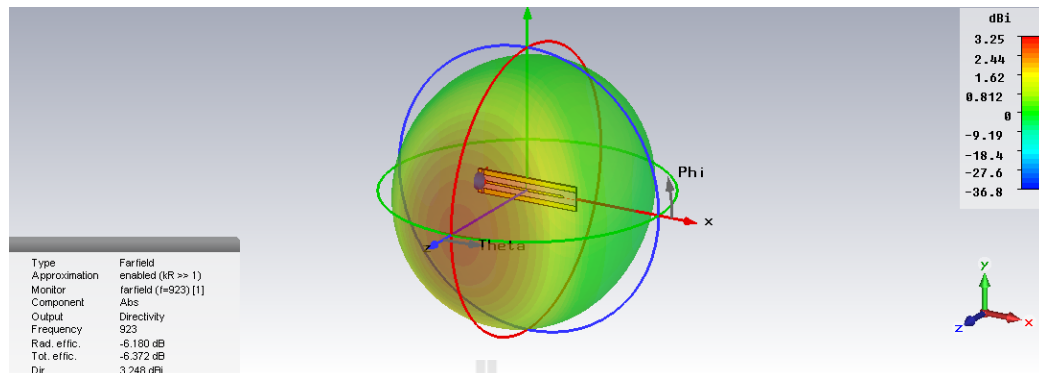
จากการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์โดยใช้โปรแกรม CST ทำให้ได้ค่าดังนี้



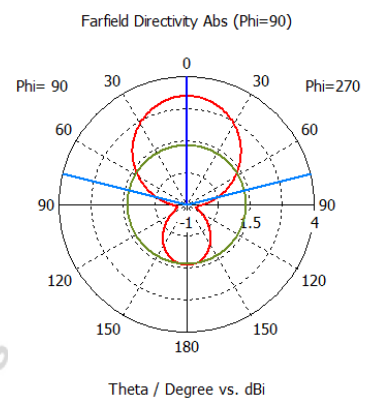
ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของสายอากาศ

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ขนาด(cm)
ความกว้างของแผ่น FR-4	W	2
ความยาวของแผ่น FR-4	L	9
เส้นตรงกลาง ต่อ กับ Tag มีความกว้าง	T1	0.2
เส้นตรงรูปสี่เหลี่ยมแผ่นผ้ากว้าง	T2	0.312
เส้นพาราซิติคคู่ขนานความกว้าง	T3	0.433
เส้นตรงกลาง ต่อ กับ Tag มีความยาว	P	7.825
ระยะห่างระหว่าง Tag	S	0.2

3.4 ผลการจำลองแท็ก



ระบบสนามไฟฟ้า



ระบบสนามแม่เหล็ก

3.5 Range (ระยะสายการอ่าน)

$$\text{สูตร } Range = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_{Reader}}{P_{Tag}} \cdot G_{Reader} G_{Tag}}$$

$$\lambda = C/f ; C = 3 \times 10^8, f = 923 \times 10^6$$

$$\lambda = 0.325$$

$$P_{Reader} = 30 \text{ dBm} \text{ แปลงเป็นหน่วย W จะได้ เท่ากับ } 1 \text{ W}$$

$$P_{Tag} = -15 \text{ dBm} \text{ แปลงเป็นหน่วย W จะได้ เท่ากับ } 3.16 \times 10^{-5} \text{ W}$$

$$G_{Reader} = 1 \text{ W}$$

$$G_{Tag} = -3.124 \text{ dB} \text{ แปลงเป็นหน่วย W จะได้ เท่ากับ } 0.48 \text{ W}$$

$$\text{ดังนั้น } Range = \frac{0.325}{4\pi} \sqrt{\frac{1}{3.16 \times 10^{-5}} \cdot (1)(-0.48)}$$

$$Range = 3 \text{ m}$$

3.6สรุป

ในบทนี้กล่าวถึง การออกแบบและการจำลองสายอากาศไมโครสตริป ด้วยการจำลองผลในโปรแกรม CST ในการออกแบบแท็ก จะเริ่มต้นจากโครงสร้าง Tag ที่เป็นรูปตัวที เพราะมีโครงสร้างที่ง่ายต่อการออกแบบ และวัสดุที่ใช้จะเป็นแผ่น FR4 เพราะมีค่าคงที่ของวัสดุที่คงตัว การเลือกใช้วัสดุที่มีค่าที่สามารถมองเห็นอย่างชัดเจนนั้นจะทำให้เราเข้าใจเหตุและที่มาของชิ้นงานมากยิ่งขึ้น โดยแท็กที่ออกแบบมีขนาดความกว้าง 2 cm ยาว 9 cm โดยสายอากาศแท็กที่ออกแบบจะทำงานร่วมกับ IC Chip ในการ Modulate สัญญาณเพื่อสื่อสารกับเครื่องอ่าน จากสายอากาศ โครงสร้างรูปตัวทีที่ออกแบบและจำลองในโปรแกรม CST พบว่า Impedance ของสายอากาศ กับ Impedance ของ Chip ไม่สามารถแมตช์กันได้ ต่อมาจึงได้เพิ่มเส้นพาราซิติคคู่ขนาน โดยความกว้างของเส้นพาราซิติค มีค่าเท่ากับ 0.433 cm เมื่อเพิ่มเส้นพาราซิติคเข้าไปพบว่า สายอากาศ Tag กับ IC Chip แมตช์กันได้ดีขึ้น โดยได้ค่า $S_{11} = -23$ และได้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนเท่ากับ $18.7 - j0.3$ ซึ่งเป็นค่าการแมตช์ที่ดีที่สุด



บทที่ 4

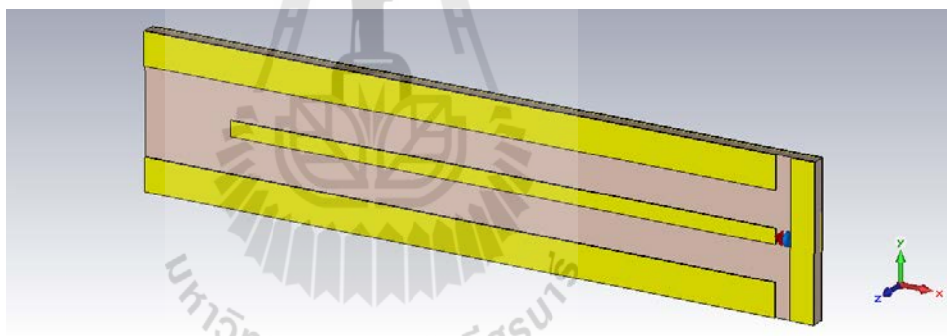
การสร้างชิ้นงานและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

จากการศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีพื้นฐานในบทที่ 2 และบทที่ 3 นั้น ในบทนี้ จะทำการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบที่เสร็จสมบูรณ์ เพื่อจะนำไปวัดทดสอบการใช้งานจริง เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการ

4.2 การสร้างชิ้นงาน

เมื่อออกแบบและจำลองแบบสายอากาศไมโครสตริปในโปรแกรม CST เรียบร้อยแล้วจึง นำผลที่ได้มาสร้างชิ้นงานจริงตามขั้นตอนดังนี้

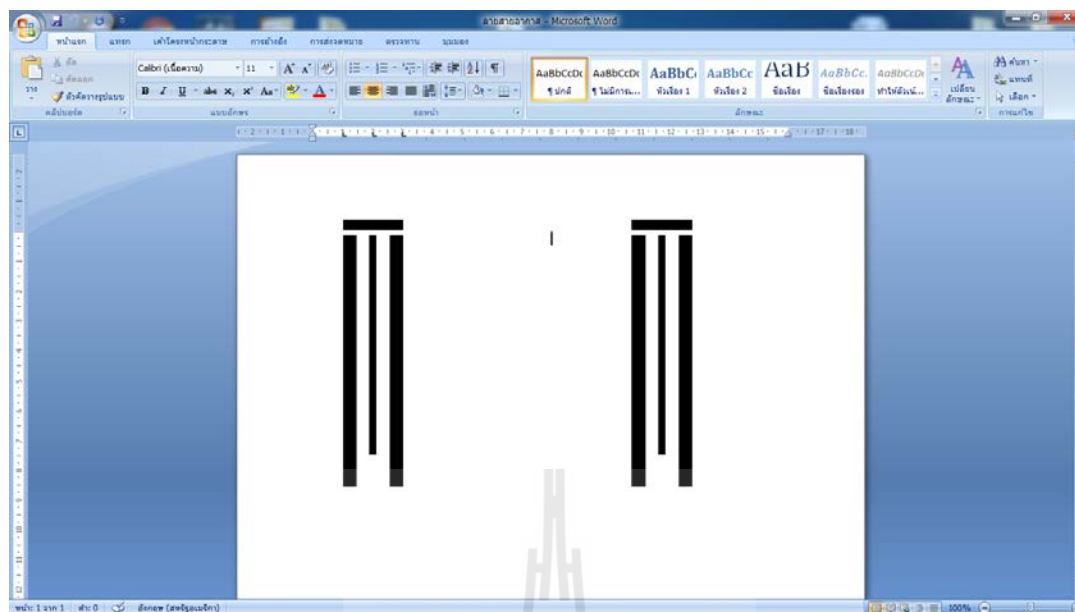


รูปที่ 4.1 สายอากาศไมโครสตริปชิ้นงานที่ออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

ผลจากการออกแบบหาขนาดของแท่งในโปรแกรม CST มีรายละเอียดดังนี้

- ขนาดรวมของแท่ง กว้าง 2 cm , ยาว 9 cm
- แผ่นทองแดงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความกว้าง 0.312 cm และความสูง 2 cm
- แผ่นทองแดงตรงยาว มีความกว้าง 0.2 cm ยาว 7.825 cm
- แผ่นทองแดงเส้นพาราซิติคคู่ขนาน มีความกว้าง 4.33 cm ยาว 8.488 cm โดยเส้นพาราซิติคนี้จะเริ่มที่ตำแหน่งเดียวกับเส้นตรงยาว

1. วาดลายชิ้นงานลงในโปรแกรม Microsoft Word แล้วปริ๊นลายลงบนแผ่นใส



2. นำแบบมารีดลงแผ่นปริ๊น แล้วกัดลายปริ๊นโดยน้ำยากัดลาย



(ก) ภาพแสดงการรีดลายลงบนแผ่นปริ๊น



(ข) ภาพแสดงการกัดลายของแผ่นปริน

1. เมื่อกัดลายเสร็จเรียบร้อยแล้วนำมาตัดแต่งให้ได้ขนาด แผ่นทองแดงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความกว้าง 0.312 cm ให้เจาะรูเพื่อเชื่อมกับแผ่นทองแดงด้านหลัง ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นระนาบกราวด์



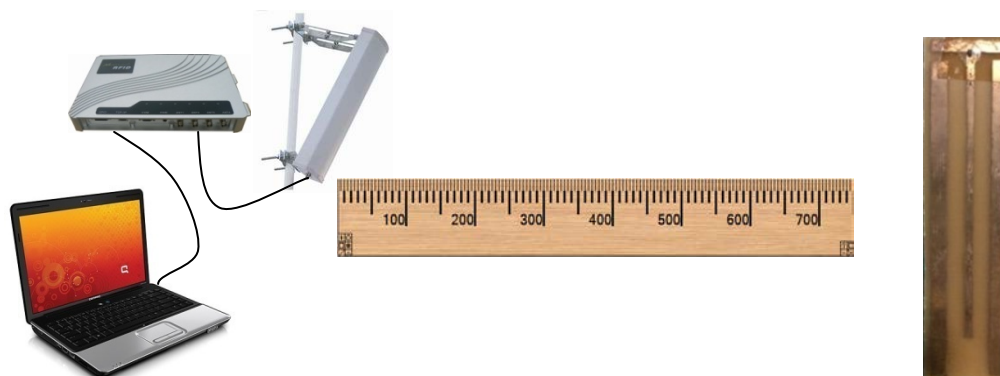
(ค) ภาพแสดงการเจาะรูเพื่อเชื่อมกราวด์

2. นำ IC Chip มาติดตั้งงานต้นแบบสายอากาศไมโครสตริป แสดงได้ดังรูปที่ 4.5



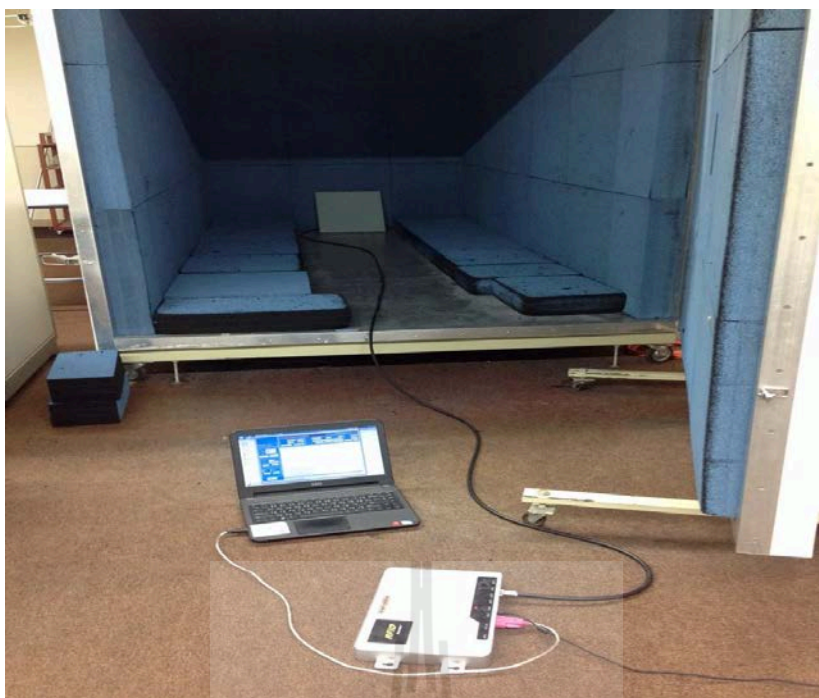
รูปที่4.5 ต้นแบบสายอากาศไมโครสตริปที่ติด IC Chip แล้ว

4.3 การวัดผล



รูปที่ 4.6 การวัดระยะการอ่าน

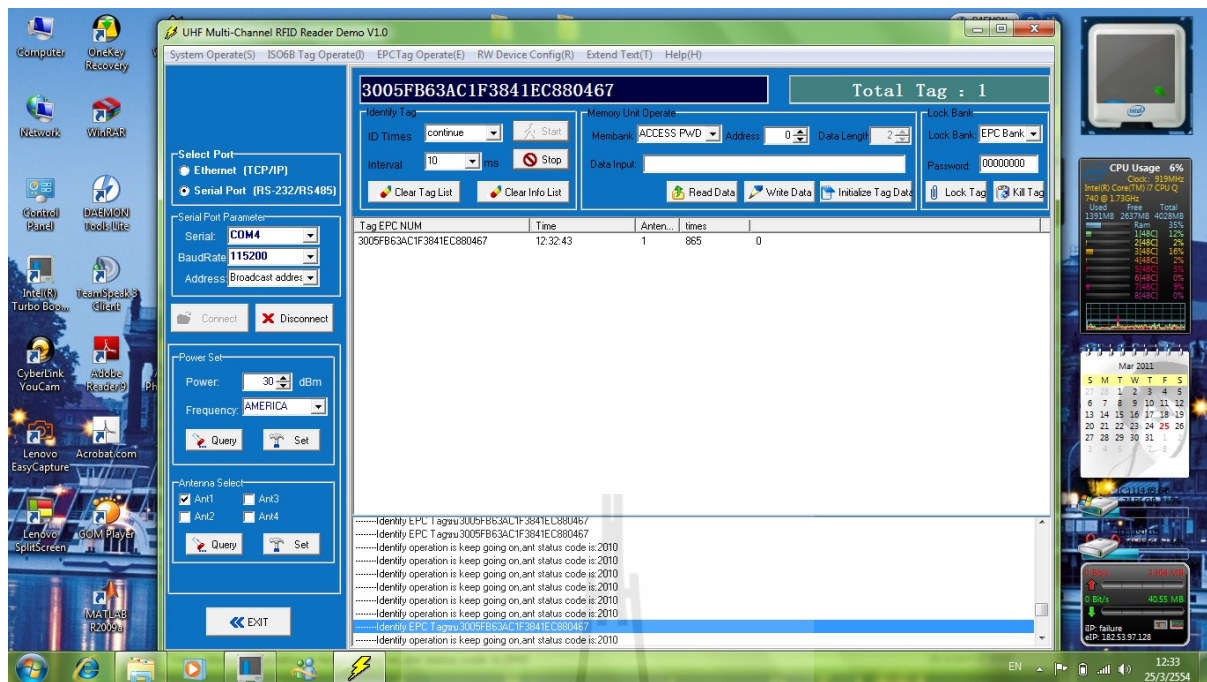
นำชิ้นงานต้นแบบสายอากาศไมโครสตริปที่ติด IC Chip แล้ว มาวัดระยะการอ่านในห้องควบคุม ดังรูปที่ 4.7 โดยติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 4.6 ถ้าเครื่องอ่านสามารถอ่านได้จะแสดงบนหน้าจอ ดังรูปที่ 4.9 หลังจากนั้นนำ แท็ก ถอยออกจากสายอากาศของเครื่องอ่านจนกว่าเครื่องอ่านเริ่มอ่านไม่ได้ บันทึกระยะดังรูปที่ 4.10 ทำการวัด 5 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 4.7 ห้องควบคุม



รูปที่ 4.8 Reader และ Notebook



รูปที่ 4.9 โปรแกรมอ่านค่า แท็ก



รูปที่ 4.10 Tag ที่ติดกับของเหลว



รูปที่ 4.11 ทำการวัดระยะการอ่าน

ตารางที่ 4.1 ค่าการวัดระยะการอ่าน ของ Tag

จำนวนครั้งที่วัด	ระยะทางไกลสุดที่อ่านได้
1	210 cm
2	215 cm
3	220 cm
4	225 cm
5	240 cm
เฉลี่ย	222 cm





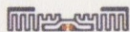









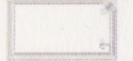




ตารางที่ 4.2 ค่าการวัดระยะการอ่านของ Tag ที่ติดกับน้ำ

จำนวนครั้งที่วัด	ระยะทางไกลสุดที่อ่านได้
1	200 cm
2	208 cm
3	210 cm
4	215 cm
5	220 cm
เฉลี่ย	210 cm

ตารางที่ 4.3 ค่าการวัดระยะการอ่านของ Tag ที่ติดกับถุงเลือด

จำนวนครั้งที่วัด	ระยะทางไกลสุดที่อ่านได้
1	195 cm
2	200 cm
3	210 cm
4	215 cm
5	200 cm
เฉลี่ย	204 cm

แท็กที่มีขายตามท้องตลาด

Antenna	Model	Antenna	Model
	AD-223		AD-826 M3
	AD-224 XL		AD-827
	AD-230		AD-828
	AD-240		AD-833
	AD-641		AD-840
			AD-843
		HF Product Line	
	AD-805		AD-709
	AD-814		AD-714
	AD-815		AD-720
	AD-824 XL		AD-730

รูปที่4.12 ตัวอย่าง แท็ก ที่มีขายตามท้องตลาด

จะเห็นว่า แท็กที่มีขายตามท้องตลาดนั้นมีรูปร่างหลายแบบแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับการแผ่กระจายของคลื่นวิทยุ โดยไอซีชิปนั้นจะมีค่าอิมพีแดนซ์ที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละเบอร์

เราจึงนำแท็กที่มีขายตามท้องตลาดมาวัดทดสอบประสิทธิภาพการอ่าน เพื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานต้นแบบที่เราสร้างขึ้น โดยแท็กที่นำมาวัดทดสอบนั้นใช้ไอซีชิปเบอร์เดียวกับชิ้นงานต้นแบบ



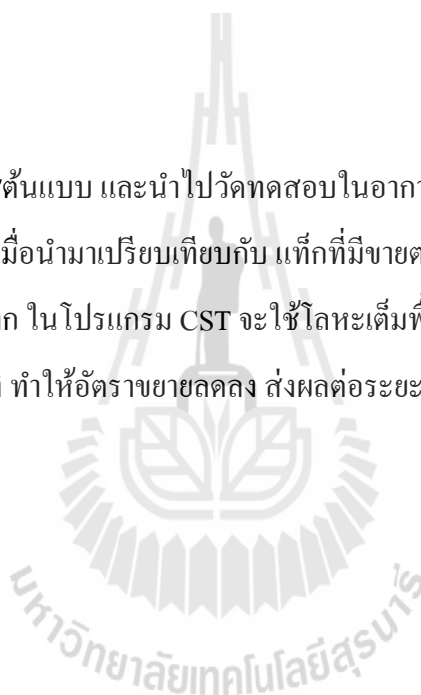
รูปที่4.12 แท็ก ที่มีขายตามท้องตลาดที่นำมาทดสอบ

ตารางที่ 4.4 ค่าการวัดระยะการอ่านของแท็กที่มีขายตามท้องตลาด

จำนวนครั้งที่วัด	ระยะแท็กที่วัดในอากาศว่าง
1	250(cm)
2	255(cm)
3	260(cm)
4	270(cm)
5	280(cm)
เฉลี่ย	263(cm)

4.4 สรุป

หลังจากที่สร้างสายอากาศต้นแบบ และนำไปวัดทดสอบในอากาศว่าง พบว่าสามารถรับส่งข้อมูลได้ในระยะประมาณ 2 เมตร และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ แท็กที่มีขายตามท้องตลาดระยะการอ่านที่ได้มีค่าประมาณ 2.7 เมตร ซึ่งอาจเกิดจาก ในโปรแกรม CST จะใช้โลหะเต็มพื้นที่ แต่สำหรับการสร้างสายอากาศต้นแบบเป็นแผ่นโลหะไม่เต็มพื้นที่ ทำให้อัตราขยายลดลง ส่งผลต่อระยะการอ่าน ทำให้ระยะการอ่านลดลง



บทที่ 5

บทสรุปของโครงการ

5.1 กล่าวสรุป

เนื้อหาในบทนี้เป็นการกล่าวถึงบทสรุปของโครงการการออกแบบสายอากาศ RFID ย่านความถี่ 921-925 เมกะเฮิรตซ์ และประกอบไปด้วยปัญหาที่พบในขณะดำเนินงาน วิธีการแก้ไข ข้อเสนอแนะ และวิธีการพัฒนาโครงการต่อไป

โครงการการออกแบบสายอากาศ RFID ย่านความถี่ 921-925 เมกะเฮิรตซ์ มีส่วนประกอบหลัก คือ

1. เครื่องอ่าน เป็นส่วนตัวอ่านสัญญาณจากแท็ก
2. สายอากาศของเครื่องอ่าน เป็นส่วนของสายอากาศที่รับส่งสัญญาณกับแท็ก
3. ไอซีชิป เป็นส่วนที่เก็บข้อมูลของวัตถุ
4. สายอากาศของแท็ก เป็นส่วนของสายอากาศที่รับส่งสัญญาณกับเครื่องอ่าน
5. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ที่ลงโปรแกรมอ่านแท็กเรียบร้อยแล้ว

สำหรับขั้นตอนการออกแบบ เริ่มจาก การหาความกว้างและยาวของสายอากาศที่ทำให้แมตช์กับไอซีชิป คือค่าอิมพีแดนซ์ของไอซีชิปเท่ากับ $21.3-j191.7 \Omega$ เราต้องออกแบบสายอากาศให้มีค่าอิมพีแดนซ์เท่ากับ $21.3+j191.7 \Omega$ เพื่อให้สายอากาศแมตช์กับ IC Chip ได้ความกว้างและความยาวคือ 2×9 เซนติเมตร หลังจากนั้นเราได้ทำการจำลองผลดูว่าสายอากาศสามารถใช้งานได้หรือไม่ ผลที่ออกมาคือสามารถใช้งานได้ เราจึงสร้างชิ้นงานต้นแบบแล้วนำไปวัดทดสอบ ผลคือสามารถใช้งานได้จริง

ซึ่งจากการวัดทดสอบพบว่า สายอากาศที่ได้ออกแบบและสร้างชิ้นงานต้นแบบชิ้นนั้นสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถรับส่งข้อมูลได้ในระยะประมาณ 1.6 เมตร ตรงตามวัตถุประสงค์ที่จะออกแบบมาเพื่อใช้งาน

5.2 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหา

ในการทำโครงการการออกแบบสายอากาศ RFID ย่านความถี่ 921-925 เมกะเฮิร์ตซ์ ปัญหาที่พบ

ดังแสดงในตารางที่ 5.1 ซึ่งประกอบด้วยตัวปัญหาที่พบ สาเหตุของปัญหารวมทั้งวิธีการแก้ไขปัญหา

ตารางที่ 5.1 ปัญหาที่พบ และสาเหตุของปัญหา รวมทั้งวิธีการแก้ไขปัญหา

ปัญหาที่พบในขณะดำเนินงาน	สาเหตุและวิธีการแก้ไข
1. การวัดประสิทธิภาพสายอากาศ	<p>สาเหตุ การวัดค่าระยะการอ่าน Tag จะได้ค่าที่เที่ยงตรงที่ยากเนื่องจากถูกรบกวนจากคลื่นต่างๆรอบตัว ค่าที่วัดได้จึงอาจไม่ใช่ค่าที่แท้จริง</p> <p>วิธีการแก้ไข ใช้ห้องCHAMBERIเพื่อทดลองวัดระยะ</p> <p>ซึ่งเป็นห้องที่ป้องกันสัญญาณรบกวน</p>
2. การนำ IC Chip ไปใช้งาน	<p>สาเหตุ Tag ที่ออกแบบมีความแข็งแรงตัว ไม่ยึดหยุ่น เนื่องจากวัสดุที่ใช้ออกแบบเป็นแผ่น FR4</p> <p>วิธีการ ในการนำความรู้ที่ได้ไปต่อยอด อาจจะเปลี่ยนวัสดุในการออกแบบใหม่ เพื่อให้เกิดการยึดหยุ่น และสามารถใช้งานได้ในพื้นที่ลุ่มที่หลากหลายกว่า</p>
3. การติด IC Chip	<p>สาเหตุ เนื่องจาก IC Chip มีขนาดเล็กมากไม่สามารถบัดกรีแบบปกติไม่ได้</p> <p>วิธีการแก้ไข จึงใช้สก็อตเทปเพื่อเชื่อม IC Chip ติดกับ สายอากาศ</p>

5.3 ข้อเสนอแนะ

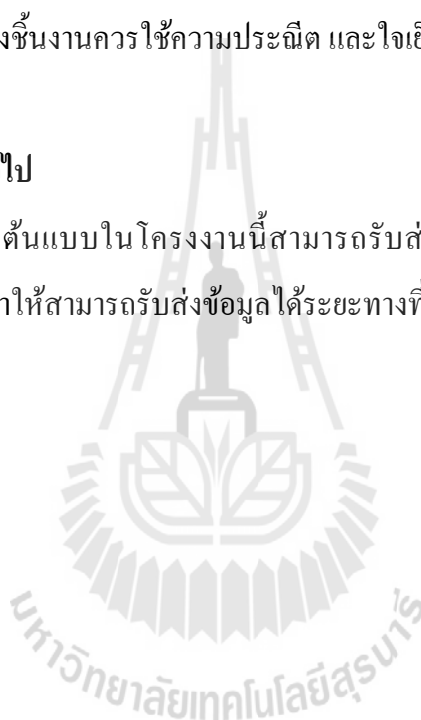
5.3.1 ในการออกแบบสายอากาศด้วยโปรแกรม CST นั้นมีการใช้งานทรัพยากรของเครื่องสูงสังเกตได้จากกราฟการทำงานของหน่วยประมวลผลกลางจาก Task manager ของ Windows จึงควรใช้งานโปรแกรม CST กับเครื่องที่มีสมรรถนะสูงจะทำให้จำลองผลเร็วขึ้น

5.3.2 ในการวัดผลควรตั้งโพลาไรซ์ของแท่งและเครื่องอ่าน ให้ตรงกันจึงจะสามารถอ่านได้

5.3.3 ในการสร้างชิ้นงานควรใช้ความประณีต และใจเย็นอย่างมาก เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่ตรงตามการออกแบบ

5.4 แนวทางการพัฒนาต่อไป

เนื่องจากชิ้นงานต้นแบบในโครงงานนี้สามารถรับส่งข้อมูลได้ในระยะทางสั้นๆ การพัฒนาคือ การหาเทคนิคทำให้สามารถรับส่งข้อมูลได้ระยะทางที่เพิ่มมากขึ้น



เอกสารอ้างอิง

- [1] รศ.ดร. รังสรรค์ วงศ์สรรค์. Antenna engineering. วิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี .
- [2] วัชรกร หนูทอง และ อนุกุล น้อยไม้. RFID หนึ่งในเทคโนโลยีที่น่าจับตามอง. ศูนย์พัฒนาธุรกิจออกแบบวงจรรวม/เนคเทค.
- [3] อาร์เอฟไอดี.สืบค้นจาก : <http://th.wikipedia.org>.
- [4] RFID (Radio Frequency Identification).สืบค้นจาก : <http://www.student.chula.ac.th/~49801110>.
- [5] RFID (Radio Frequency Identification).สืบค้นจาก : <http://rfid-datacom.blogspot.com>.
- [6] cst microwave studio. สืบค้นจาก : <http://www.edaboard.com/forum.php>
- [7] ระบบ RFID. สืบค้นจาก : <http://www.spcom.co.th/node/14>



ประวัติผู้เขียน

นายสุพรรณบัฏ ทิพย์รักษ์ เกิดเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ. 2535 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากวิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อปี พ.ศ. 2553 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นายสุริยา ศรีทอง เกิดเมื่อวันที่ 5 มิถุนายน พ.ศ. 2536 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลปากทรง อำเภอพะโต๊ะ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนพิชัยรัตนาคาร อำเภอเมือง จังหวัดระนอง เมื่อปี พ.ศ. 2553 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นายเสถียรวุฒิ สาทรัมย์เงิน เกิดเมื่อวันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2534 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลบ้านส้อง อำเภอเวียงสระ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนเมืองสุราษฎร์ธานี อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี เมื่อปี พ.ศ. 2552 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาคผนวก



Reader introduce : **RFID Fixed reader MR 6134A**

MR6134A is base on generation 1 (MR6034A) product improved generation 2 RFID reader,

This reader compatible many protocol、 separate type design、 connect with 4 antenna、 fast reading、 multi tag identify、 Industry protection grade design etc. This reader are widely use in various RFID system , reference application as below :

- ✧ Logistics and warehouse Management: Goods flow, warehouse management, and the flowing management of mail, parcel, luggage.
- ✧ Intelligent parking Management :Parking management and automatic charge
- ✧ Productive lines Management: Production process fixed Identify
- ✧ Product counterfeit-proof inspection: Using memory's write-protect functions inside tags, and identifying with true-false of products
- ✧ Other fields: Used widely in club management, library, student's school, consumption management, time management, dinner management, pool management

Reader characteristic:

Special Anti collision algorithm, high efficient of multi-tag identify capability ;

Four separate transmit/receive antenna to make more wide of area in the application ;

Compatible ISO18000-6B and ISO18000-6C(EPC-GEN2) protocol standard ;

Read/Write tag capability : read 5-8m, write is 60% of read reading (depend on different tag) ;

Reader support multi tag identify、 single tag read、 tag write、 lock、 and Kill tag etc.

Model No.	MR 6134A
Standard	ISO18000-6B, ISO18000-6C (EPC GEN2)
Compliance	
Frequency	Standard ISM 902~928MHz or ISM 865~868MHz option
Range	(other frequency depend on customer request)
Operation	(FHSS)
Mode	
RF Power	0~30dBm, software configurable
Communication	Standard RS232, RJ45 (TCP/IP), RS485,
Interface	
Output Port	4 Tem OUTPORT (can control output high/low level)
Reading Range	Depends on antenna gain
	connect 12dBi antenna, the reading distance above 8 m
Signal	BUZZER and LED
Antenna	One ~ Four Antennas, TNC connector
Power Supply	DC + 9V(Supply AC/DC power adapter)
Dimension	310mm×210mm×40mm
Weight	2 Kg
Operation	— 20°C ~ + 80°C
Temperature	

IC Chip ที่นำมาใช้คือ UCODE G2XL เป็น IC Chip ที่ทำงานในช่วงย่านความถี่ UHF



UCODE G2XM
UCODE G2XL

Ultra high frequency smart label ICs

UCODE G2XM and UCODE G2XL are specifically tailored to the requirements of passive intelligent tags and labels. Conforming to the EPCglobal Class1 Gen2 standard, the devices address application areas which demand long operating distances and high anti-collision rates, such as supply chain management and logistics.

General Description

The devices show unsurpassed UHF performance over the entire UHF bandwidth, reliable operation in dense reader environment and long read ranges. UCODE G2X feature an extended 240 bit EPC number and a 64 bit tag identifier, including a 32 bit unique serial number.

UCODE G2XM and UCODE G2XL provide a unique custom command set, such as Electronic Article Surveillance (EAS) for increased theft protection, Read Protect which prevents unauthorized chip memory access and Calibrate, which makes it easier to optimize the reader to tag communication. All custom commands are 32 bit access password protected.

Benefits

- ▶ Long read range due to high chip sensitivity
- ▶ Ease of tag assembly due to high chip input capacitance
- ▶ Consistent performance on different materials
- ▶ Reliable operation in multi-reader environment
- ▶ Theft protection through EAS feature
- ▶ Prevention of unauthorized memory access due to read protection
- ▶ Wide temperature range: -40°C up to +85°C
- ▶ Global use from 840 up to 960MHz

Applications

- ▶ Supply chain management
- ▶ Asset tracking
- ▶ Pallet and case tracking
- ▶ Container identification
- ▶ Item level tagging

Key Features

- ▶ EPCglobal C1G2 1.0.9 certified, compliant to EPCglobal C1G2 1.1.0
- ▶ 512-bit on-chip user memory (available on UCODE G2XM)
- ▶ 240-bit EPC number
- ▶ 64-bit tag identifier, including 32-bit unique serial number
- ▶ EAS (electronic article surveillance) custom command
- ▶ Read Protect custom command
- ▶ Calibrate custom command
- ▶ 32-bit access password, 32-bit kill password
- ▶ Fast data rate:
 - Forward link: 40 - 160 kbits/s
 - Return link: 40 - 640 kbits/s
- ▶ Multi-label operation
 - Europe: 600 tags/s
 - US: 1600 tags/s

Standards Compliance

UCODE G2XM and UCODE G2XL are certified according to EPCglobal Class1 Generation2 Version1.0.9 and conform to EPCglobal Class1 Generation2 Version1.1.0.



Frequency Band

Symbol	Description	Min	Max	Unit
UHF	Frequency Band	840	960	MHz

Electrical Parameter

Description	Typ. value	Unit
Input chip capacitance	0.9	pF
Quality factor	9	
Minimum operating power	- 15	dBm
Interference signal suppression*	- 4	dB

* Modulated jammer, offset to carrier frequency > 1.0 MHz

Ordering information

Part	Ordering number	Delivery type description
UCODE G2XM	SL3ICS1002FUG/V7AF	Bumped and sawn wafer on foil frame carrier (8 inch)
	SL3S1002FTT	SMD package: TSSOP8
	SL3FCS1002FC	Flip chip package: Polymer strap
UCODE G2XL	SL3ICS1202FUG/V7AF	Bumped and sawn wafer on foil frame carrier (8 inch)
	SL3S1202FTT	SMD package: TSSOP8
	SL3FCS1202FC	Flip chip package: Polymer strap

